

REVUE UNIVERSELLE

DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DES TRAVAUX PUBLICS,
DES SCIENCES ET DES ARTS

APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE.

LIÉGE. — IMPRIMERIE DE J. DESOER.

REVUE UNIVERSELLE

DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DES TRAVAUX PUBLICS,

DES SCIENCES ET DES ARTS

APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE,

SOUS LA DIRECTION

DE

M. CH. DE CUYPER,

PROFESSEUR ORDINAIRE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE,

INSPECTEUR DES ÉTUDES A L'ÉCOLE DES ARTS ET MANUFACTURES ET DES MINES.

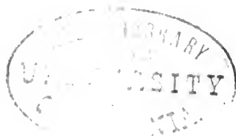


TOME ONZIÈME.

1862. — 1er SEMESTRE.

PARIS ET LIÉGE

E. NOBLET, ÉDITEUR.



REVUE UNIVERSELLE

DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DES TRAVAUX PUBLICS, DES SCIENCES ET DES ARTS APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE

M. CH. DE CUYPER,

Professeur ordinaire à la Faculté des sciences de l'Université de Liége, inspecteur des études à l'École des arts et manufactures et des mines, etc., etc.

SIXIÈME ANNÉE.

AVIS.

La *Revue universelle*, fondée en 1857, compte cinq années d'existence et les travaux qu'elle a publiés forment 10 volumes de 5 à 600 pages, avec un atlas de 250 planches gravées.

Outre les Mémoires originaux dus aux ingénieurs distingués de France et de Belgique qui, appréciant l'importance de ce recueil international, ont bien voulu le soutenir par leur collaboration, ces 10 volumes contiennent la traduction ou l'analyse des principaux articles qui ont paru dans les Revues étrangères

sur les travaux publics, les mines, la métallurgie, les arts mécaniques et chimiques, en un mot sur toutes les applications des sciences à l'industrie.

C'est ce caractère cosmopolite que la direction de la *Revue universelle* s'efforcera de développer de plus en plus, et dans ce but elle s'est assuré un concours actif en Angleterre, en Allemagne, en Italie et en Espagne, et elle a également établi des relations avec les États-Unis d'Amérique. En outre, elle a pris les dispositions nécessaires pour présenter dans le second volume de 1862 les inventions et les procédés nouveaux dont l'Exposition de Londres permettra d'apprécier la valeur pratique, et dans ce but le nombre des planches de la sixième année sera porté de 50 à 60, sans augmentation de prix.

Enfin, pour répondre au vœu d'un grand nombre d'abonnés, la *Revue universelle* se complètera par la partie économique, juridique et administrative des mines et de la métallurgie en France, qui est confiée à M. Simonin, ingénieur civil.



LIÉGE. — IMPRIMERIE DE J. DESOER.

REVUE UNIVERSELLE

DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DES TRAVAUX PUBLICS
DES SCIENCES ET DES ARTS

APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE.

NOTE

SUR LES

USINES DE FER DU PAYS DE GALLES.

EXTRAIT D'UN RAPPORT SUR UNE EXCURSION DANS LES USINES MÉTALLURGIQUES DE L'ANGLETERRE,

PAR

E. ROLLIN,

ÉLÈVE INGÉNIEUR DES MINES.

1860

L'industrie du fer a, depuis quelques années, acquis dans le Pays de Galles une importance que l'abondance du minerai et la richesse du bassin houiller tendent à augmenter encore. Il me serait donc impossible de décrire toutes les nombreuses usines qui couvrent cette partie de l'Angleterre, et j'ai dû en choisir un petit nombre des plus remarquables par l'étendue et

la perfection des travaux, pour les étudier avec quelques détails. Mais avant d'aborder ces descriptions, il est nécessaire de dire deux mots des minerais que l'on y traite et des gisements qui les fournissent.

Je diviserai ces minerais en quatre classes :

1° L'hématite brune.

2° Le carbonate argileux.

3° Le blackband.

4° La limonite (Brown ore).

L'hématite se trouve d'abord en bancs puissants aux environs de Llantrissant, sur la côte sud du Pays de Galles; reposant sur du calcaire houiller, elle est couverte par un calcaire dolomitique qui appartient probablement à la formation permienne; à Lanharry, ce banc a 5 pieds de puissance. On peut évaluer la production de ce district à environ 25,000 tonnes par an, dont la richesse moyenne approche de 50 %.

L'hématite est en outre amenée en quantité assez considérable du Cumberland, du Gloucestershire (Forest of Dean), du Lancashire, du Devonshire et du Cornouailles.

Le carbonate argileux (argillaceous carbonate) se présente en petites couches minces, fréquemment colorées par du peroxyde, au toit ou au mur des couches de houille, ou bien en rognons disséminés dont la richesse est d'ordinaire plus grande, et qui sont engagés dans les roches de la formation houillère.

Le blackband (*carbonaceous ironstone*) se distingue du minerai précédent par la présence de matières charbonneuses qui le colorent fortement. Il se compose de carbonate ferreux, matières charbonneuses, alumine, silice et traces de chaux, et est d'ordinaire un peu plus riche que le précédent. Leur teneur varie du reste dans les limites assez étendues de 22 à 33 %.

La limonite est très-peu employée dans le Pays de Galles. Celle que j'y ai vu travailler venait du Northamptonshire, où elle se vend à environ 5 sh. ou fr. 6,25 la tonne.

Usine d'Aberdare. — L'usine d'Aberdare, située en partie dans la commune de ce nom, et en partie sur le territoire d'Abeinant, comprend 4 hauts-fourneaux en marche qui produisent ensemble de 12 à 1300 tonnes de fonte par semaine.

Ces fourneaux sont construits en bâti pyramidal, placés l'un contre l'autre, et adossés à la montagne. J'ai joint à ce rapport le dessin du plus grand de ces fourneaux, pl. 1, fig. 1 à 5, et il sera par suite inutile d'insister longuement sur leur construction. Toutes les parties qui doivent supporter le feu sont construites avec des briques réfractaires d'excellentes qualités. L'argile de ces briques se trouve dans le terrain anthraxifère des environs, et a un gisement analogue à celui de l'argile d'Andenne; elle est délayée et lavée au moyen d'une roue hydraulique, et le pétrissage se fait à la main.

Les embrasures du fourneau sont recouvertes de plaques de fonte, et la soufflerie se fait au moyen de 6 tuyères, 2 sur chacun des 3 côtés, outre une septième qui s'enlève et se replace à volonté au-dessus de la tympe. Le fourneau est remarquable par son grand diamètre au ventre, qui est à peu près égal à la moitié de la hauteur; la cuve, en outre, n'est pas exactement circulaire, et au ventre, les deux axes principaux ont l'un 20, l'autre 22 pieds; à la hauteur de l'ouvrage, ces deux diamètres ont respectivement 8 1/2 et 10 pieds, et au bas du creuset 8 pieds sur 9; le creuset forme le prolongement de l'ouvrage.

La production de ce fourneau est immense, et s'est élevée, comme j'ai pu le constater par les livres qui m'ont été communiqués, à la quantité incroyable de 427 tonnes par semaine, ou 61 tonnes par jour.

On y traite un mélange d'hématite brune provenant de la côte, de carbonate argileux des houillères, et de cendres et scories des fours à puddler. L'hématite a une teneur moyenne d'environ 50 °/₀, et revient, avec le transport, à 18 shel., ou fr. 22 50 la tonne. Le carbonate argileux s'extrait des houillères mêmes de l'établissement; à l'état crû, il ne contient que 23 à 25 °/₀ de fer; mais on le calcine dans des fours à cuve analogues aux fours à chaux, dans lesquels il est stratifié avec du charbon. Il perd, dans cette calcination, environ 35 °/₀ de son poids par volatilisation, et par suite sa teneur s'élève jusqu'à 33 à 35 °/₀. On peut évaluer son prix de revient à environ 7 sh. ou fr. 8-75 la tonne.

Le mélange se fait dans les proportions suivantes :

3 1/2 de carbonate argileux calciné,

2 1/3 d'hématite,

1 3/5 de scories.

Les scories augmentent la richesse du lit et surtout sa fusibilité. L'hématite se charge, sans même avoir subi de cassage préalable.

Le calcaire s'emploie à l'état de chaux ; ce calcaire est souvent un peu dolomitique et de couleur grisâtre claire; on l'emploie dans la proportion d'environ 12 à 15 °/₀ du lit de fusion, c'est-à-dire à peu près 40 à 45 °/₀ de la fonte produite.

Cette calcination de la castine, dont l'avantage a été si souvent contesté, paraît donner à Aberdare une économie notable et il semble naturel en effet que dans les cas où l'on ferme le sommet du fourneau, afin d'en utiliser les gaz, il doit être avantageux de supprimer, à l'intérieur de la cuve, les dégagements de vapeur d'eau et d'acide carbonique qui résultent inévitablement de l'emploi du calcaire crû.

Comme combustible, on emploie tantôt un mélange de houille et de coke, tantôt du coke seul, mais toujours dans la proportion d'à peu près 2 tonnes de charbon par tonne de fonte produite; ce charbon revient à environ fr. 4,50 à 5 fr. la tonne.

Tout le lit de fusion est amené directement de la montagne sur la plate-forme du fourneau qui y est adossé. Le chargement se fait à la mesure, mais se marque au poids sur les livres, c'est-à-dire que chaque mesure est censée représenter un certain poids déterminé, une fois pour toutes, par la moyenne d'un grand nombre d'expériences.

Le coke se fabrique par deux procédés différents : en tas et en fours. La première méthode consiste à faire de grandes fosses allongées et peu profondes dans lesquelles on met du charbon, jusqu'à ce qu'il dépasse de quelques pieds le niveau du sol ; au-dessus on tasse du menu, et le feu se met du côté d'où vient le vent, par le moyen de canaux longitudinaux. Au bout de 2 à 3 jours on peut enlever le commencement du tas.

La seconde méthode consiste dans l'emploi de longs fours

à une porte et à parois froides, dont la sôle est à fleur de terre ; les gaz se dégagent par une cheminée à registre et sont perdus.

On carbonise de la première manière les houilles les plus grasses. Le coke qui en provient est d'un aspect très-beau, sonore, argentin, léger, en grands prismes ; généralement il contient peu de soufre par suite de l'action des agents atmosphériques. Le fer qu'il donne est donc d'excellente qualité, mais il n'en donne que peu, parce qu'il n'est pas assez résistant pour supporter une forte charge de minerai. D'un autre côté, cette méthode donne des pertes considérables, et on n'obtient guère que 54 % de coke.

La calcination dans les fours dure 24 heures et donne environ 68 % de coke. Le défournement se fait au râble, et le coke est éteint avec de l'eau pour le débarrasser d'une partie du soufre. Il a un aspect terne, gris mat, et donne beaucoup plus de fonte, mais de la fonte d'une qualité très-inférieure. Du reste, la proportion de soufre contenue dans le charbon du Pays de Galles, est assez considérable, et comme on tend tous les jours davantage à substituer l'emploi de la houille à celui du coke, il en résulte que la qualité du fer va également en décroissant. Voici une analyse de ce charbon faite par M. Arthur Phillips dans une série d'expériences qu'il entreprit, il y a quelques années, pour la marine à vapeur.

Moyenne de 36 échantillons :

Carbone	83,78
Hydrogène	4,79
Azote	0,98
Soufre.	1,43
Oxigène	4,15
Cendres	4,91
	100,04

Dans les fourneaux d'Aberdare, comme dans la plupart de ceux du Pays de Galles, on utilise les gaz pour chauffer le vent et une partie des chaudières. Pour prendre ces gaz, le fourneau est pourvu, comme l'indique la figure, d'une fermeture à cloche qui se manœuvre au moyen d'un levier à contrepoids installé

sur la plate-forme supérieure ; de cette manière, le lit de fusion se répand, en tombant, le long des parois, et laisse au milieu un cône renversé, dans lequel se précipite le minerai, en vertu de sa densité plus grande. Cette disposition paraît plutôt avantageuse que nuisible à la marche du fourneau, lorsque toutefois le combustible est assez résistant pour porter la couche épaisse de minerai qui va s'accumuler à la pointe du cône.

La prise des gaz a lieu par un large tuyau disposé à environ 1 mètre sous le sommet du fourneau dans l'espace laissé libre par les parois de la cloche; ils se rendent d'abord dans un réservoir extérieur muni d'une soupape de sûreté, et de là ils descendent dans les appareils à chauffer l'air et les chaudières. Pour diminuer les pertes de chaleur par rayonnement, entre la prise des gaz et les appareils où ils sont utilisés, les tuyaux sont enduits d'une couche de chaux qui paraît répondre parfaitement à ce but.

Les appareils à chauffer l'air, fig. 6 et 7, sont analogues à ceux bien connus de l'usine de la Calder; ce sont deux grands tuyaux horizontaux auxquels sont adaptés une série de conduits plus étroits en forme de Λ renversé; les coudes seulement sont arrondis comme dans l'appareil de Taylor, pour en augmenter la résistance. Les gaz arrivent par le dessous, dans l'espace qui reste libre entre les tuyaux; au-dessus de leur entrée est une plaque en tôle perforée pour laisser pénétrer l'air destiné à brûler les gaz. Le feu se met au moyen d'un brandon, par une petite porte qui reste fermée pendant le travail. Pour entretenir la combustion d'une manière uniforme, on met en outre sur le fond du four une petite couche de menu charbon maigre provenant des déchets de la mine.

Ce n'est pas là le seul usage des gaz des hauts-fourneaux, et le même grand tuyau les distribue aussi sous une partie des chaudières de la machine soufflante. Ici encore la disposition est très-simple : ce sont des chaudières cylindriques ordinaires dont la grille est supprimée, et sur la sole d'en dessous on brûle également un peu de menu charbon pour régulariser la combustion. Il est évident que par suite des grandes variations que peut subir la marche d'un haut-fourneau, il

serait dangereux d'appliquer ce mode de chauffage à toutes les chaudières. *Le danger de l'emploi exclusif des gaz serait d'autant plus grand que le dérangement même du fourneau, en diminuant la production des gaz, empêcherait par là d'appliquer le remède qui est d'ordinaire une augmentation de vent ou de pression.* Aussi a-t-on soin de laisser quelques chaudières disposées avec des grilles et chauffées au charbon comme à l'ordinaire.

Le fourneau est soufflé, comme je l'ai dit précédemment, par six tuyères qui lancent ensemble environ 10,000 pieds cubes d'air par minute, à une pression de 3 1/2 livres par pouce carré, c'est-à-dire d'environ 19 cent. de mercure; la température de cet air est comprise entre 300 et 400 degrés centigrades. Cette quantité d'air revient à environ 10^{m3} d'air par minute et par mètre carré de section au ventre. Toutefois, si l'on tient compte de l'énorme quantité de fonte produite, on est conduit à reconnaître que cette masse d'air n'est guère trop considérable. Le calcul à cet effet est facile à établir.

10,000 pieds cubes reviennent à environ 284^{m3}, et en supposant une production de 60 tonnes en 24 heures, ce qui, à vrai dire, est déjà un chiffre anormal, on trouve $\frac{60,000}{60 \times 24} = 41,66$ kil. pour la production de fonte pendant une minute. Supposons aussi que 100 de fonte exigent 200 de charbon; 42 kil. de fonte demanderont 84 kil. de charbon dont la combustion, pour être complète, exigera :

$$75 : 200 = 84 : x = 224 \text{ kil. d'oxygène.}$$

Cet oxygène doit provenir de l'air de la soufflerie et de la réduction du minerai. Or 284^{m3} d'air pèsent $284 \times 1,3 = 369$ k., en supposant toutefois qu'il soit à la pression et à la température ordinaire, ou bien que la pression et la température varient ensemble, de manière à ce que la densité reste la même. Le rapport de l'oxygène contenu dans cet air étant d'environ 21 %, $0,21 \times 369 = 77$ kil. sera le poids de l'oxygène lancé par minute. D'un autre côté, le minerai dans sa réduction cède $\frac{30 \times 42}{70} = 18^k$.

Donc en tout la soufflerie et la réduction du minerai ne donnent que 77 + 18 = 95 kil. d'oxygène et il en faudrait 224 pour que la combustion de 84 kil. de carbone par minute fût complète. Mais ici se présentent plusieurs circonstances dont je n'ai pas tenu compte. En premier lieu, les 200 de charbon pour 100 de fonte doivent non-seulement réduire le minerai, mais suppléer à la chaleur que les gaz ne peuvent donner. En second lieu, ce charbon s'emploie, partie à l'état crû, partie à l'état de coke, et sur 100 parties de combustible, il n'y a réellement que 68 à 70 parties qui soient utilisées pour la réduction. En tenant compte de ces deux observations, au lieu de 84 kil. de charbon, il en faudra tout au plus $84 \times 0,60 = 50^{k},40$. En outre, le poids de l'air lancé est supérieur à $1^{k},3$ par suite de la forte pression à laquelle cet air est soumis, pression qui fait plus que balancer la dilatation causée par la chaleur. L'influence combinée de tous ces éléments fera que la quantité d'air deviendra suffisante, d'autant plus qu'il n'est jamais possible, en forçant le fourneau de cette manière, d'obtenir une combustion complète du charbon.

Comme régulateur de la pression, on emploie de grands réservoirs ellipsoïdaux en tôle, les réservoirs eux-mêmes, ainsi que les buses et les tuyères, sont enduits de chaux, dans le but d'éviter toute déperdition de chaleur par rayonnement.

Voici comment j'ai évalué approximativement le prix de revient de la fonte à Aberdare :

1 tonne d'hématite à 18 sh.	fr.	22 50
1 1/2 carbonate calciné à 8 sh.	»	15 00
1/2 tonne calcaire calciné à 2 sh. . . .	»	1 25
2 tonnes de charbon à 4 sh.	»	10 00
Frais généraux, main-d'œuvre, entretien de machines, etc.	»	25 00
Total,	»	73 75

Marche et conduits des fourneaux. — Le fourneau, comme il est aisé de le conclure des données qui précèdent, doit avoir une marche froide et donner de la fonte blanche de qualité assez mauvaise, moins mauvaise toutefois que dans beaucoup d'autres établissements, par suite de ce que le charbon y est un

peu plus pur. Cette énorme production ne peut généralement être obtenue qu'aux dépens de la qualité du produit, et à grands frais de soufflerie. Aussi la flamme sort-elle continuellement sous la tympe, et les scories sont pâteuses et coulent difficilement. Malgré ces indices dangereux, les obstructions sont cependant fort rares, et on vient d'éteindre à Aberdare un fourneau qui marchait depuis plus de 25 ans ; c'est néanmoins déjà une exception qu'une durée aussi longue, et leur durée moyenne est d'environ 7 à 8 ans. Toutes les petites réparations, changement de tympe, réparations de creuset, de gueulard, etc., se font en marche normale, et quand il s'agit, par extraordinaire, de renouveler la chemise ou les étalages, l'interruption ne dure guère longtemps, et le rallumage s'opère avec une rapidité quelquefois incroyable. Ainsi, dans l'usine d'Abeinant, on se bornait à remplir le fourneau jusqu'aux 2/3 de charbons, et de morceaux de bois ronds ; puis, immédiatement dessus, on plaçait le lit de fusion, en commençant par le calcaire et augmentant successivement la proportion de minerai. En allumant le matin du premier jour, on commençait à souffler le soir du second, et ce peu de précaution paraît autorisé, jusqu'à un certain point, par l'excellente qualité des briques qui peuvent résister à des variations très-brusques de température.

En marche normale, les coulées se font d'ordinaire 3 fois par jour, mais il arrive de ne les faire que 2 fois et alors on retire, en une percée du fourneau, jusqu'à 28 tonnes de fonte. Le nettoyage du creuset et le relevage des laitiers ne se font que toutes les six semaines, ou même tous les deux mois, et après une coulée ordinaire, on se contente de boucher avec un tampon le trou de percée. Les gueuses se coulent en plein air dans un sable mélangé de poussière de charbon.

La fonte obtenue sous la forte pression de 3 1/2 livres par pouce carré, et à la haute température de 300 à 400°, ne paraît pas d'un puddlage plus difficile, et, à Aberdare, on ne fine que celle qui doit servir au bourrelet des rails.

Les feux des fineries ne présentent rien qui mérite une attention spéciale; la charge y est d'environ 1 1/2 tonne de fonte, l'opération dure 3 heures et le déchet est d'environ 15 %.

Le finage y est poussé assez loin, et les frais de combustible et de main-d'œuvre sont d'environ 3 shellings ou fr. 3,75 par tonne de fronte traitée, ce qui porte le prix de revient de la tonne de fine-métal à environ fr. 85; celui-ci est parfaitement blanc à texture fibreuse ou radiée, quelquefois un peu celluleuse; on y ajoute assez souvent un peu de castine.

Les fours de puddlage sont entourés de plaques de fonte et leur sôle, également en fonte, repose sur des consoles qui permettent de l'enlever pour les réparations. Chaque four est surmonté d'une cheminée de 6 à 7 mètres d'élévation qui lance directement dans l'atmosphère les produits de la combustion, sans qu'on ait cherché à les utiliser. On laisse libre et complètement ouvert aux deux bouts l'espace sous la sôle, afin d'y établir une circulation d'air qui la préserve; dans un grand nombre de fours on a jugé utile, en outre, d'activer la combustion en lançant de l'air sous la grille; cela se fait au moyen d'un ventilateur à force centrifuge lançant le vent dans des tuyaux qui passent sous le foyer et dont le côté supérieur est percé de petites ouvertures. Le nettoyage du four ne se fait que toutes les cinq ou six semaines et, dans ce cas, on le démonte complètement.

Les dimensions générales des sôles sont d'environ 1^{m},80 de longueur sur 1^{m},20 dans la plus grande largeur.

Le puddlage dure environ 2 heures pour la fonte, et moins d'une heure 3/4 pour le fine-métal, mais très-souvent pour le fer en barres, on travaille un mélange de fonte crue et de fine-métal; alors on peut faire 7 opérations par poste de 12 heures donnant ensemble 1 1/2 tonne de fer. Le déchet est de 8 à 10 % et la quantité de combustible d'environ une tonne par tonne de fer. On paie de 6 1/2 à 8 shill. par tonne, suivant que l'on puddle du fine-métal ou de la fonte; le prix de revient de la tonne de fer puddlé est donc d'environ fr. 93.

Pour revêtement de la sôle, on emploie du calcaire ou de l'argile en poudre, et cette dernière s'emploie presque uniquement dans le travail du fine-métal, parce que, sous l'influence du calcaire, le fer prendrait trop rapidement consistance. La plupart du temps, le puddlage se fait sans addition, mais

dans certains cas, on emploie un peu d'oxyde de manganèse.

Les instruments de compression les plus employés sont des marteaux à cames et les compresseurs doubles ou squeezers. Quant aux laminoirs à rails, je me réserve de développer davantage ce sujet, en parlant de l'usine de Dowlais.

USINE DE DOWLAIS. — L'usine de Dowlais située près de Mashyr-Tydvil, comprend dix-huit fourneaux dont 15 étaient en feu, au moment de ma visite. Un grand nombre marchent au charbon maigre, d'autres, et parmi eux celui qui sert spécialement à la fonderie, sont alimentés par un mélange de charbon et de coke. J'ai joint à ce rapport les profils de 4 de ces fourneaux, pl. 2, fig. 11 à 13 ; on remarquera qu'ils sont plus élevés par rapport à la largeur que ceux précédemment décrits; cela est dû à ce qu'ils sont construits en vue d'employer du charbon crû; quelques-uns en outre méritent de fixer l'attention par le grand rapport du diamètre du gueulard à celui du ventre; cette disposition semble avoir également pour cause l'emploi du charbon et pour but d'égaliser la descente des charges dans la partie supérieure de la cuve : en effet, comme le charbon perd beaucoup de son volume en se carbonisant sous une forte pression, la charge se réduirait à une couche trop mince, si le diamètre de la cuve croissait trop rapidement depuis le gueulard jusqu'au ventre. Tous les fourneaux ne sont pas fermés au sommet, et par conséquent les gaz de tous ne sont pas utilisés, il paraîtrait même que *Dowlais* est une des usines qui ait résisté le plus longtemps à l'innovation de l'air chaud, en prétendant qu'il faisait perdre au fer de sa qualité; aujourd'hui cependant on est sur le point d'appliquer la fermeture à cloche à plusieurs fourneaux encore ouverts jusqu'à présent. Cette fermeture paraît ici, comme à l'usine d'Aberbare, rendre avantageux l'emploi de la chaux au lieu de calcaire.

La disposition extérieure des fourneaux est assez variable, les uns sont à massif pyramidal, les autres ont seulement la base en pyramide jusque vers la hauteur des étalages, et la cuve est entourée d'une tour ronde; cette tour ne conserve quelquefois au sommet que l'épaisseur d'une seule brique, c'est-à-dire 20 pouces ou $0^m,51$; ces briques ont en outre 4

pouces ou 0m,10 d'épaisseur et 9 pouces ou 0m,23 de largeur. Les tours sont consolidées sur leur hauteur par des cercles en fer reliés l'un à l'autre au moyen de barres verticales, serrées par des ancres et des clefs.

Le minerai que l'on traite dans les fourneaux, est un mélange, à parties à peu près égales,de carbonate argileux calciné, d'hématite de la côte, de blackband des houillères, et de limonite brune du comté de Northampton. La production moyenne d'un fourneau est de 2 à 300 tonnes par semaine, soit 30 à 40 par jour.

Les hauts-fourneaux de Dowlais marchent, pour la plupart, à air chaud, avec trois tuyères; quelques-uns à air froid produisent moins et de meilleure fonte; enfin, il en est à 4 tuyères, dont 3 sont alimentées par de l'air chaud, et la quatrième, celle qui se trouve placée dans l'embrasure de coulée, par de l'air froid. Un des croquis joints à ce rapport représente un fourneau à 6 tuyères avec air chaud.

Pour chauffer l'air, on emploie, comme à Aberdare, les gaz des fourneaux, et des appareils de différents genres où l'on a cherché, autant que possible, à éviter les inflexions brusques et même les changements de courbure qui constituent les principaux inconvénients des appareils de la Calder, de Taylor et de toutes les imitations qui en ont été faites. Dans l'un de ces appareils, les tuyaux sont disposés en spirale verticale, mais la disposition qui me paraît la meilleure est celle dont je donne le croquis, pl. 1, fig. 8 et 9, et où la spirale est horizontale, le four a 6m,40 de longueur et le tuyau y fait 13 tours; les gaz amenés par un large tuyau, entrent dans des canaux en briques, dont les faces supérieures sont perçées d'ouvertures qui correspondent précisément aux intervalles entre les spires. De cette manière, toute inflexion brusque est évitée, et aucune partie n'est soumise à l'action directe du jet de flamme. Sur le fond du four, entre les deux canaux, une petite couche de menu charbon entretient la combustion.

Une partie des gaz sert aussi, par une disposition analogue à celle déjà décrite, à chauffer un certain nombre des chaudières qui alimentent la machine soufflante.

Quant à la disposition de cette dernière machine et en même temps de celle des laminoirs, je ne puis mieux faire que de traduire la description accompagnée de dessins que le directeur de Dowlais, M. Menelans, a lu devant l'Institut des Ingénieurs, lors de l'érection de ces machines en 1858, et que l'un des ingénieurs, M. Rhys, a eu l'obligeance de me communiquer.

« La machine soufflante et celle des laminoirs qui forment » l'objet de ce rapport sont surtout remarquables par leur » grandeur inusitée. La machine soufflante est la plus grande » de son espèce qui ait été construite jusqu'ici, soit dans ce » pays, soit à l'étranger, et elle a été élevée en vue de produire » une grande somme de travail, tout en donnant le plus de » garanties possibles contre tout risque de manque de vent ou » de ruptures d'appareils.

» La machine soufflante fut construite en 1851, et se trouve » représentée dans les fig. 1, 2 et 3. La figure 1 est une éléva- » tion latérale de la machine, la figure 2 une vue de face, » et la figure 3 une coupe verticale du cylindre soufflant. Pl. 3.

» Le cylindre soufflant A a un diamètre de $3^m,66$ ou 12 pieds » avec une course également de $3^m,66$. Le nombre de coups de » piston est de 20 par minute, la pression du vent de 3 1/2 livres » par pouce carré. Le tuyau de décharge a 5 pieds ou $1^m,22$ de » diamètre, et environ 128 mètres de longueur. La surface des » soupapes d'aspiration est de $5^{m2},20$, celle des soupapes de » sortie $1^{m2},50$. La quantité d'air lancé à la pression ci-dessus » est de 1450^{m3} par minute.

» Le cylindre à vapeur a 55 pouces ou $1^m,40$ de diamètre et » une course de 4^m; la pression de la vapeur est de 60 livres » par pouce carré, soit un peu plus de 4 atmosphères. La force » de la machine est de 650 chevaux. Lorsque le piston est » arrivé au tiers de sa course, l'entrée de la vapeur est fermée » au moyen d'une valve ordinaire à grille D, placée derrière le » tiroir E (fig. 4 et 5); en outre, une petite valve spéciale F, » disposée à côté du tuyau, sert à manœuvrer la machine à la » main lors de sa mise en train. Le tiroir de distribution a une » course de 11 pouces ou $0^m,28$ avec un jeu d'un demi-pouce » ou $0^m,012$. La machine est sans condensation, et la vapeur se

» décharge dans un réservoir cylindrique de 7 pieds ou $2^m,14$ » de diamètre et 36 pieds ou 11 mètres de long, contenant l'eau » d'alimentation des chaudières. En dessous du cylindre à » vapeur il y a environ 75 tonnes de charpente en fonte, et » 10,000 pieds cubes de muraillement en gros blocs de calcaire, » dont plusieurs pèsent plusieurs tonnes chacun.

» Le balancier est coulé en deux parties, pesant chacune » environ 16 1/2 tonnes, et le poids total porté par les cous- » sinets est de 44 tonnes; il a 44 pieds ou $12^m,20$ d'un centre à » l'autre, et il est relié à la manivelle de l'arbre du volant I, au » moyen d'une bielle en chêne K, consolidée d'un bout à l'autre » par des armatures de fer. Le balancier est supporté par un » mur L qui traverse tout le bâtiment, et dont l'épaisseur est » de 7 pieds ou $2^m,14$; c'est sur ce mur construit en blocs de » calcaire taillé que reposent les supports qui y sont attachés au » moyen de 12 boulons d'un diamètre de 3 pouces. Le volant » a 22 pieds ou $6^m,72$ de diamètre et pèse environ 35 tonnes.

» Huit chaudières de Cornouailles sont employées à fournir » la vapeur. Chacune d'elles a 42 pieds ou $12^m,80$ de long, et » 7 pieds ou $2^m,14$ de diamètre; elles sont construites en tôle du » Staffordshire de première qualité, de 9/16 de pouce ou $0^m,14$ » d'épaisseur, et sont traversées d'outre en outre par un tube » de 4 pieds ou $1^m,22$ de diamètre, dans lequel se trouve la grille » longue de 9 pieds ou $2^m,75$.

» Pendant un certain temps, cette machine a fourni le vent » à huit hauts-fourneaux de grandes dimensions, dont le dia- » mètre au ventre était compris entre 16 et 18 pieds, $4^m,80$ à » 5^m 40; aujourd'hui, avec l'aide de trois machines beaucoup » plus petites, elle souffle 12 fourneaux, dont quelques-uns » font au-delà de 235 tonnes de bonne fonte d'affinage, par » semaine; le produit total de 12 fourneaux est d'environ » 2,000 tonnes de fonte blanche. A l'exception des cylindres » qui ont été faits et travaillés à la fonderie de Perran, à Truro, » cette machine et ses chaudières ont été construites à l'usine » même de Dowlais, sous la direction de M. Samuel Truran, » ingénieur de la Compagnie.

» La force motrice pour les nouveaux laminoirs qu'on monte

» aujourd'hui à Dowlais, est donnée par deux machines à haute
» pression, accouplées à angle droit, figure 6, élévation laté-
» rale, et figure 7, élévation de face; la figure 11 est un plan
» général des laminoirs.

» Le cylindre à vapeur C a un diamètre de 45 pouces ou 1^m,14
» avec une course de 10 pieds ou 3^m,05, et le nombre de tours
» est de 24 par minute. Chaque cylindre a une boîte de distri-
» bution avec glissières en laiton mues par un excentrique placé
» sur l'arbre principal. Les soupapes de la détente sont mues
» par une came placée sur le même axe, et la venue de la
» vapeur est interceptée environ au tiers de la course; une
» disposition spéciale a pour but d'interrompre le jeu de ces
» soupapes, quand la machine marche avec toute sa force.
» Chaque machine est munie d'une petite glissière qui se ma-
» nœuvre à la main et qui a pour but d'arrêter ou de renverser
» le mouvement. La vapeur est fournie par six chaudières de
» Cornouailles de 44 pieds de long, de 7 de diamètre, avec
» tube intérieur de 4 pieds; toutes les tôles sont de la meilleure
» qualité du Staffordshire, de 9/16 de pouce d'épaisseur, et le
» poids total est de 120 tonnes.

» La charpente qui se trouve sous les machines est en fonte,
» et consiste en quatre assises, longues chacune de 75 pieds,
» hautes de 12 et larges de 21; le poids total est d'environ
» 850 tonnes.

» Chaque balancier H est formé de deux parties; les côtés
» pèsent environ 17 tonnes, et le poids total avec accessoires
» est d'environ 37 tonnes. Ils sont supportés sur 8 colonnes L
» de 24 pieds de long et 2 1/2 de diamètre, fixées d'une ma-
» nière invariable par le pied dans des échancrures de la char-
» pente. Au sommet de chaque groupe de 4 colonnes se trouve
» un grand et lourd entablement N qui porte les empoises des
» coussinets. Chaque colonne traverse l'entablement et pénètre
» dans des mortaises de 24 pouces de profondeur; l'extré-
» mité est tournée de manière à produire l'ajustement le plus
» parfait. Les empoises sont également serrées dans des creux
» que porte l'entablement, au moyen de clefs en fer. Les bielles
» sont en chêne avec armatures en fer.

» L'arbre de la roue motrice I et celui du volant O sont en » fonte. La roue motrice a 25 pieds ou 7m,62 de diamètre » jusqu'à la ligne des engrenages, 0m,68 de largeur et 0m,18 pour » les dents. Le diamètre du pignon placé sur l'arbre des volants » est de 6 pieds, et les dents sont consolidées par une couronne » disposée sur chaque côté. Le volant placé sur l'arbre des » laminoirs a 21 pieds ou 6m,40 de diamètre, et pèse environ » 30 tonnes; il fait au-delà de 100 révolutions par minute. Tous » les assemblages des roues et de la charpente de fonte sont » consolidés au moyen de coins en chêne et en fer.

» Ces machines devront faire marcher un laminoir à rails » capable de produire 1000 tonnes de rails par semaine, un » second laminoir capable de fabriquer 700 tonnes de rails ou » de fer ébauché par semaine, et un laminoir à barres capable » de produire 200 tonnes par semaine; le produit total sera » donc facilement porté à 2,000 tonnes de fer par semaine; » deux marteaux doivent aussi être mûs par la même machine. » Les scies et petits appareils accessoires, tels que ceux pour » redresser et percer les rails, seront mis en mouvement par » des machines séparées.

» La toiture en tôle ridée couvre un espace de 240 sur » 210 pieds. L'ouverture de chaque cintre est de 50 pieds, et la » couverture repose sur des poutres en treillis dont la longueur » est en moyenne de 45 pieds, et qui sont portées par des » colonnes dont l'emplacement est marqué sur le plan fig. 21. » Le sol sera garni de plaques de fonte, et l'on remarquera » qu'il sera complètement libre sur toute son étendue.

» On s'est depuis longtemps aperçu que les moyens de laminer » des barres de fer, d'une grande section et d'une grande lon- » gueur, ne se sont pas tenus au niveau des exigences de l'in- » dustrie, et les ingénieurs sont entravés dans leurs projets par » l'impossibilité d'obtenir des fers de dimensions suffisantes. » Pour élever des constructions de quelque importance, des » barres d'une grande longueur, d'une largeur considérable, et » d'une épaisseur modérée sont souvent requises. Dans la dis- » position ordinaire des laminoirs, la longueur et la largeur de » la barre sont limitées par la puissance de la machine et par la

» durée de l'opération. Il est donc évident que pour finir rapi-
» dement une barre, il faut qu'on puisse la placer dans les deux
» sens entre les cylindres, afin d'éviter tout retard, et de longues
» et pesantes barres ne peuvent être laminées ainsi que par une
» machine d'une puissance énorme. C'est en vue d'atteindre cet
» objet que l'on fait usage des deux machines accouplées qui
» viennent d'être décrites; on a imaginé en même temps une
» disposition très-simple pour passer les barres dans les deux
» directions, fig. 12, 13 et 14; la paire de rouleaux inférieurs P
» reçoit directement son mouvement de l'arbre du volant, et
» dans les circonstances ordinaires le travail se fait comme
» d'habitude, c'est-à-dire qu'on lamine les barres dans un sens,
» et qu'on les repasse en sens inverse par-dessus le rouleau
» supérieur.

» Mais lorsqu'il est nécessaire de faire des barres d'une
» dimension extraordinaire, les deux rouleaux supérieurs R
» sont placés sur leurs coussinets et reçoivent leur mouvement
» de l'arbre du volant par l'intermédiaire de roues d'engre-
» nage *ss*, fig. 6. On peut ainsi travailler le fer dans les deux
» directions, comme le montrent les flèches sur la figure, et
» par cette disposition, le laminoir est capable de produire du
» fer de section et de longueur que l'on n'a pu atteindre jusqu'à
» ce jour. »

Telle est la traduction à peu près littérale du rapport de M. Ménélaus, et les figures que j'y joins me dispensent d'y rien ajouter, si ce n'est que le résultat a pleinement justifié les espérances des fondateurs.

Les compresseurs ordinaires sont le marteau à cames et le squeezer. Le marteau pilon n'est employé que pour travailler des masses très-grandes, et dans ce cas on augmente encore la force de la chute en faisant arriver la vapeur au-dessus du piston.

Pour découper les barres à froid, on emploie les cisailles à queue; pour découper les rails on fait usage de petites scies circulaires.

Les rails que l'on fabrique à Dowlais sont surtout les rails Brunnel qui sont employés sur presque tous les chemins de fer anglais.

J'ai essayé d'établir un prix de revient approximatif du fer en barres, en admettant qu'une tonne de barres exige 1 1/3 tonne de fonte blanche et que le prix de la fonte soit de 75 fr. la tonne.

1 1/3 tonne de fonte.	fr.	100
Puddlage de 1 1/3 tonne	»	12
1 tonne charbon pour puddlage. . . .	»	5
Cinglage des balles.	»	2,15
Travail aux cylindres ébaucheurs. . .	»	1,50
Cinglage des barres et mise en paquets .	»	0,95
Réchauffage	»	1,85
8 quintaux de charbon pour réchauffage.	»	4,00
Travail aux laminoirs finisseurs . . .	»	7,00
Découpage des bouts et pesage. . . .	»	1,25
Usure des appareils	»	6,00 environ.
Total,	»	141,70

sans y comprendre l'intérêt du capital engagé.

Usine d'Yniscedwin, planche 2. — L'usine d'Yniscedwin est située dans la vallée de Swansea à quelques kilomètres au-delà de Pont-ar-Dawe. Elle comprend quatre hauts-fourneaux qui marchent à l'anthracite, mais dont deux seulement étaient en feu au moment de ma visite. C'est là que M. Crane est parvenu le premier à se servir de ce combustible, en le brûlant au moyen de l'air chaud, et, avant lui, toute la partie occidentale du bassin du Pays de Galles n'avait presque aucune importance. J'ai reproduit les croquis des deux fourneaux en marche qui ont la réputation de donner la meilleure fonte du pays; le prix de revient est malheureusement plus élevé que celui de la fonte au charbon et au coke, et c'est cette circonstance qui a obligé d'éteindre, cette année, un grand nombre de fourneaux à anthracite du Pays de Galles.

Les fourneaux dont je donne le croquis ont un volume très-petit; leur hauteur est de $12^{m},20$, leur diamètre au ventre de $3^{m},66$, et le rapport du diamètre du gueulard à celui du ventre est de 5 à 6. On remarquera, en outre, la disposition particulière de la fermeture à cloche, et voici comment je crois pouvoir expliquer l'avantage de ce système, dans le cas où l'on

emploie de l'anthracite. Avec le système ordinaire des cloches qui se baissent pour le chargement, la charge tombe sur la périphérie du fourneau, et il se forme, comme je l'ai déjà dit, un cône intérieur, dont la pointe est dirigée vers le bas, et dans lequel le minerai vient naturellement s'accumuler, en vertu de sa densité plus grande; il va donc s'entasser au centre sur une forte épaisseur. Avec le système employé à Yniscedwin, au contraire, toute la charge tombe au centre; il se formera donc encore un cône, mais un cône dont la pente est dirigée vers la circonférence. C'est naturellement vers cette partie que le minerai devra glisser, et il s'étalera sur une couche beaucoup plus étendue et par suite moins épaisse. La première disposition convient fort bien quand le combustible est assez résistant pour supporter une forte épaisseur de minerai, mais dans le cas où l'on emploie l'anthracite, dont le caractère propre est de tomber en fragments sous l'action de la chaleur, la disposition d'Yniscedwin doit évidemment présenter des avantages.

L'anthracite qui provient du bassin des environs de Swansea est d'un aspect brillant, dure, et devient friable par la chaleur, mais on peut l'extraire et la charger en gros blocs. En fait de soufre, elle est beaucoup plus pure que les houilles grasses et demi-grasses qui se trouvent à l'Est du bassin, et c'est en grande partie à cette cause qu'est due l'excellente qualité du fer de ces fourneaux. On traite à Yniscedwin un mélange à parties à peu près égales de carbonate argileux calciné et d'hématite. Le carbonate a une teneur d'environ 33 °/₀ après la calcination et revient à 10 shil. ou fr. 12-50; l'hématite revient à fr. 22-50.

La proportion de combustible est plus considérable que dans les fourneaux à coke et d'environ 2 1/2 tonnes d'anthracite par tonne de fonte; du reste, il sort continuellement par l'embrasure de coulée des morceaux d'anthracite non brûlés, mêlés aux scories, et que l'on rejette dans le fourneau. Voici à peu près le prix de revient de cette fonte.

Hématite 1,2 tonne à 18 sh.	. . . .	fr.	27
Carbonate 1,2 » à 10 sh.	. . . .	»	15
Anthracite 2,5 » à 4 sh.	. . . .	»	12,50
Soufflerie, main-d'œuvre, intérêt, frais généraux.		»	28,00
	Total. . .	fr.	82,50

Ce qui est assez remarquable, c'est que l'on parvienne à faire usage des gaz de ces fourneaux ; ces gaz sont peu abondants, mais d'un pouvoir calorifique très grand, et ils servent, concurremment avec du menu d'anthracite, à chauffer l'air et les chaudières.

L'air est lancé à une température toujours supérieure à 322° cent. et qui souvent s'élève jusqu'à 550° cent. La pression de cet air est de 5 livres par pouce carré, c'est-à-dire d'environ 26 à 27 cent. de mercure, et la quantité lancée par minute d'environ 6,000 pieds cubes ou environ 170^{m^3}, ce qui revient à 17^{m^3} par mètre carré de surface au ventre. Cette quantité d'air m'a paru énorme, et si l'on cherche à quelle production de fonte elle devrait correspondre, on arrive à cette conclusion qu'il doit s'en échapper la moitié par le gueulard sans avoir été utilisée. En effet, 17^{m^3} d'air supposé à t^o et à la pression ordinaire pèsent $17 \times 1,3 = 22^k,1$ dont la proportion d'oxygène est $0,21 \times 22,1 = 4^k,64$. Cette proportion d'oxygène est capable de brûler un poids de carbone donné par les proportions : $200 : 175 = 4,64 : x = 4^k,06$. Or, comme 1 de fonte demande 2,5 de combustible, cette quantité de carbone pourra réduire $2,5 : 1 = 4^k,06 : x = 1^k6$. La quantité produite par minute et par mètre carré de surface serait donc de $1^k,6$ et cela sans tenir compte de l'oxygène fourni par la réduction du minerai. Pour 10^{m^2} de section, la production serait donc 16^k et par jour $16 \times 60 \times 24 = 22$ tonnes. Cette production est loin d'être atteinte et ne dépasse pas 10 à 12 tonnes par jour. En moyenne, elle est de 70 à 80 tonnes par semaine.

L'air est soufflé dans le fourneau par 6 tuyères, 2 à chaque embrasure, mais le plus souvent il n'y en a qu'une partie qui soufflent. La machine soufflante est de la force de 120 chevaux. Les deux autres fourneaux éteints cette année étaient plus petits que les deux précédents; ils avaient l'un 30 pieds, l'autre 28 pieds de hauteur et donnaient chacun environ 60 tonnes de fonte par semaine.

La fonte d'Yniscedwin revient, comme je l'ai dit, à environ 3 liv. 6 sh., ou fr. 82,50 et l'élévation de ce prix est surtout due aux frais de soufflerie. On emploie spécialement cette fonte

pour la fabrication des tôles étamées, et il paraît que les tôles qui en proviennent valent de 20 à 25 fr. de plus que celles faites avec d'autres fontes.

A Ystalifera, la disposition intérieure des fourneaux est presque exactement la même qu'à Yniscedwin, mais ils sont disposés l'un contre l'autre, en un massif adossé à la montagne. Je me bornerai à y signaler une disposition pour chauffer l'air, qui m'a paru assez bonne. Les tuyaux qui arrivent de la machine soufflante et ceux qui amènent les gaz des fourneaux sont disposés parallèlement les uns aux autres; sur leur parcours et derrière le massif des fourneaux se trouvent des petits réservoirs ellipsoïdaux, qui communiquent avec les tuyaux du vent, et les réservoirs sont placés au-dessus d'une petite chambre en maçonnerie réfractaire où pénètrent les gaz; de cette manière, l'air rencontre des gaz à une température de plus en plus élevée, à mesure qu'il approche du fourneau, et le dernier appareil où il atteint sa température maxima se trouve dans l'intervalle même de deux fourneaux contigus. Cette disposition m'a paru, sous ce rapport, assez favorable, puisqu'elle prévient les pertes de chaleur qui doivent inévitablement avoir lieu quand le parcours des gaz, du sommet du fourneau jusqu'aux appareils qui les utilisent, est trop considérable. L'usine d'Ystalifera comprend 8 hauts-fourneaux qui marchent partie au coke, partie à l'anthracite, partie avec mélange des deux.

On y fabrique des tôles étamées.

Fabrication des tôles étamées. — Les usines où l'on fabrique les tôles étamées sont établies dans la vallée de Swansea à Llandore, Pont-ar-Dawe et Ystalifera. Pour la description du procédé, je choisirai l'usine de Llandore que j'ai visitée avec plus de détails.

Les feuilles de tôle destinées à l'étamage sont d'ordinaire travaillées au charbon de bois, au lieu de coke, dans le but de leur donner plus de flexibilité; on les lamine alors à différents degrés de finesse, puis on les coupe au moyen d'une petite cisaille. Les dimensions des plaques sont assez variables; mais la plus fréquente est de $0^m,25$ sur $0^m,35$ et la boîte de 225 plaques étamées pèse de 47 à 85 kil.

La première opération que doivent subir les tôles est un décapage qui se fait au moyen d'acide sulfurique dilué dans des caisses en plomb, après que, toutefois, elles ont été pliées en ∧ et chauffées au rouge dans un four à réverbère. Lorsque l'acide a décapé la surface métallique, les tôles sont redressées au marteau, après quoi elles ont une apparence bleuâtre assez variable; elles sont passées à froid entre des cylindres de laminoirs coulés en coquille, et dont la surface est, par suite, rendue très-dure; ensuite on les plonge pendant environ 10 heures dans de l'eau de son fermentée, en ayant soin de les isoler l'une de l'autre et de les retourner pendant l'opération, de manière à soumettre toute la surface également à l'action de l'acide produit par la fermentation. Elles subissent alors un nouveau décapage dans l'acide sulfurique dilué, contenu dans des caisses en plomb : ces caisses sont divisées en compartiments, et l'ouvrier y agite les tôles pendant un temps assez variable jusqu'à ce que leur surface devienne parfaitement brillante; on a soin que cette opération se fasse à une température d'environ 30°. Les tôles sont ensuite lavées plusieurs fois à l'eau claire, frottées avec du sable et du chanvre, et enfin conservées dans l'eau pure, d'où elles passent à l'atelier d'étamage.

Cet atelier se compose d'un bâtiment allongé; les caisses à étamer sont placées sur de petits foyers et rangées le long d'un mur sous un large manteau de cheminée qui a pour but de protéger les ouvriers contre les vapeurs nuisibles; le long du mur opposé se trouvent les bacs à son, où les ouvrières achèvent le nettoyage des tôles étamées. Chaque division de travail comprend 5 caisses; la première contient un mélange fondu de *block-tin* et *grain-tin* recouvert d'une couche d'environ $0^m,10$ de suif ou graisse fondue; la seconde, remplie de *grain-tin*, s'appelle *wash-pot*; la troisième contient de la graisse fondue; la quatrième, appelée *pan*, est vide et a le fond formé d'une grille; enfin, la 5e, contenant de l'étain entièrement pur, est un peu plus étroite que les autres; on l'appelle *list-pot* (caisse à bourrelets), parce qu'elle est destinée à dissoudre le bourrelet qui s'attache d'ordinaire aux plaques dans les autres compartiments.

Voici maintenant comment marche le travail. La première caisse qui se trouve dans un compartiment à part et qui est chauffée par un foyer séparé, reçoit les tôles décapées de la manière que j'ai indiquée, elles y séjournent pendant environ 1 heure à 1 1/2 heure, suivant leur grosseur; le bain entre en ébullition et les impuretés s'écoulent en partie dans un compartiment latéral laissé vide; 300 feuilles à la fois peuvent être placées dans la première caisse. Quand elles sont suffisamment recouvertes d'étain, l'ouvrier les retire et les place sur une grille, où l'excès de métal s'écoule; de là un second ouvrier les prend une à une; il plonge chaque feuille dans le second bain d'étain, l'en retire, l'essuie avec une brosse en chanvre et la trempe dans le bain de graisse fondue; toutes ces immersions ne durent qu'un instant et les tôles sont rangées dans la caisse vide : un garçon les en retire, les plonge rapidement dans le dernier bain d'étain et, après leur avoir donné un coup du plat d'une batte, il les passe à une femme. Celle-ci les trempe dans le son et les range en paquets. Ces paquets sont ensuite portés à une ouvrière placée de l'autre côté de l'atelier qui les nettoie encore deux fois dans le son, en les frottant légèrement avec une brosse de chanvre. De là les tôles vont à l'atelier d'emmagasinage où elles sont encore frottées avec un tampon sec, pour donner du brillant à leur surface, et enfermées ensuite dans des caisses de bois contenant 225 feuilles. On compte qu'il faut de 8 à 10 livres d'étain pour étamer 200 feuilles, et en comptant pour ces 225 feuilles un poids moyen de 120 livres, le rapport entre le poids de l'étain et celui de la tôle est de 6,5 à 8 %.

L'étain de la seconde caisse se salit assez rapidement, et après 12 à 1400 feuilles, on en passe une partie dans la première caisse.

A Llandore, on étame également au plomb, c'est-à-dire qu'on recouvre la feuille de tôle d'un alliage d'étain et de plomb. Comme la température de fusion du plomb décomposerait l'huile ou le suif, on est obligé de recourir à un autre liquide préservateur; je n'ai pas de données exactes sur sa composition, mais il est formé d'un mélange de chlorure de zinc et d'huile

que l'on met à la surface du bain de plomb dans la première caisse. Dans ce cas, les feuilles étamées doivent être préservées quelque temps du contact de l'air, et à cet effet, la 4e caisse est divisée en compartiments où une feuille se pose debout, et qui peuvent être fermés par une série de petits couvercles allongés.

SUPPLÉMENT AU FER.

PRIX DE REVIENT DANS LE PAYS DE GALLES.

Après avoir écrit les pages qui précèdent, j'ai reçu d'un ingénieur de Dowlais, M. Leyson Rhys, un document qui m'a paru présenter un intérêt suffisant pour que je le joigne à ce rapport.

C'est la copie complète d'un compte de quatre hauts-fourneaux qui établit le prix de revient moyen de leurs fontes pour quatre semaines prises au hasard. Leur production moyenne est de 130 tonnes de fonte blanche, ou 90 tonnes de fonte grise par semaine.

Tous les matériaux dont on a fait usage ont été pesés avec un soin tout particulier, ce qui, dans beaucoup d'usines, ne se fait pas toujours; par suite, on peut se fier entièrement aux chiffres que je donne. La production est plus faible qu'à Dowlais, Aberdare et ailleurs. Cela tient, en premier lieu, à a qualité du coke qui est moins résistant que le charbon dont on fait usage dans d'autres usines; en second lieu, à la quantité d'air qui y est moins forte, tant en volume qu'en pression. En revanche, la fonte y est de qualité supérieure.

Les prix coûtants de tous les matériaux sont aussi approximativement que possible les prix d'aujourd'hui. Quant aux cendres de forges et de fineries, elles proviennent, dans ce cas-ci comme dans la plupart des autres, des forges et des fineries annexées à l'usine, mais quand il faut les acheter on les paie 10 shil. ou fr. 12,50 la tonne, prises à l'usine.

J'ai converti les mesures anglaises en mesures françaises pour l'intelligence des chiffres, et les tonnes de 2400 livres en tonnes de 2208 livres ou 1000 kil.

NUMÉRO DU FOURNEAU.	FONTE PRODUITE.			1 COKE				2 COKE.				3				4 CLAYSTONE.				5 HÉMATITE.				6				7				8				RENDEMENT.
				PROVENANT DE CHARBON MENU				PROVENANT DE HOUILLE GRASSE (1)				CALCAIRE.				CARBONATE ARGILEUX CALCINÉ (2).				MINERAI ROUGE				CENDRES DE FORGES ET FINERIES.				BATITURES DE LOUPES.				BLACK BAND CALCINÉ.				POUR CENT.
	QUALITÉ.	Tonnes	Kil.	Employé.		Par T.		Employé.		Par T.		Employé		Par T.		Employé.		Par T.		Employé.		Par T.		Employé		Par T		Employé.		Par T.		Employé.		Par T.		
				Douzes de brouettes (1)				Douzes de brouettes				T.	K.	T.	K.	T.	K.	T.	K.	T.	K.	T.	K.	T.	K.	T.	K.	T.	K.	T.	K.	T.	K.	T.	K.	
1	Blanche	552	777	228	6	5	6/10	76	2	1	8/10	348	179	»	713	843	401	1	714	245	257	»	497	129	628	»	265	64	814	»	152	93	602	»	191	58,7
2	Grise .	314	88	252	8	10	5/10	. .	.	.	. .	310	520	1	581	736	109	2	617	68	950	»	239	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	57,5
3	Blanche	496	808	225	9	6	5/10	75	5	1	9/10	344	4	»	734	825	588	1	810	245	706	»	559	115	683	»	249	56	849	»	124	87	661	»	192	57,5
4	»	465	75	225	6	6	2/10	74	6	2		341	104	»	798	818	130	1	916	245	257	»	569	96	325	»	228	48	814	»	114	56	488	»	132	56,7
Total,		1808	738	950	5	6	7/10	225	11	1	6/10	1343	605	»	801	3143	48	1	937	801	170	»	482	339	634	»	186	170	477	»	107	257	751	»	138	57,6

(1) La brouette de coke pèse environ 4 quintaux anglais, ou 448 livres = 203 kil.

Chaque fourneau est soufflé par 3 tuyères de 3 pouces de diamètre et la pression du vent est de 3 livres par pouce carré, ou environ 15 centimètres de mercure.

(2) 26 quintaux anglais de minerai brut correspondent à 20 quintaux de minerai calciné ou bien 46 quintaux de minerai brut correspondent à 30 quintaux de fonte.

Les prix de revient sont pour les mesures anglaises :

	shil.	den.		fr.	c.	
Coke de menu charbon . .	12	6	ou	15	62	les 12 brouettes.
Coke de houille grasse. . .	21		»	26	25	»
Carbonate de fer argileux calciné	10		»	12	50	la T. anglaise.
Hématite	18	6	»	23	12	»
Cendres de forge et de fineries	2	6	»	3	12	»
Battitures de loupe (appareils de cinglage)	5		»	6	25	»
Blackband calciné	10		»	12	50	»
Main-d'œuvre.	9		»	11	25	par T.

En transformant les tonnes anglaises de 2,400 livres ou 1087 kil. en tonnes françaises de 1000 kil. ou 2,208 livres, ces prix deviennent les suivants :

	fr.	c^mes^.	
Coke de menu charbon.	1	30	la brouette.
Coke de houille grasse.	2	19	»
Calcaire.	1	15	la tonne.
Carbonate de fer argileux calciné	11	50	»
Hématite	21	87	»
Cendres de forges et fineries	2	87	»
Battitures	5	75	»
Blackband	11	50	»
Main-d'œuvre.	10	35	par T.

Il ne reste qu'à appliquer ces chiffres aux consommations des quatre fourneaux et à leur consommation moyenne, pour avoir leur prix de revient respectif et leur prix de revient moyen, abstraction faite toutefois des frais de soufflerie, ainsi que de l'intérêt et de l'amortissement du capital. C'est ce que j'ai fait dans le tableau suivant :

		HAUT-FOURNEAU N° 1 FONTE BLANCHE.		FOURNEAU N° 2 FONTE GRISE.		FOURNEAU N° 3 FONTE BLANCHE.		FOURNEAU N° 4 FONTE BLANCHE		MOYENNE.	
	N°	consommation	prix	consommation	prix	consommation	prix	consommation	prix	consommation	prix
Coke	1	brouettes 3 ,6	fr. 7 28	brouettes 10 ,3	fr. 13,63	brouettes 6 ,3	fr 8,19	brouettes 6 ,2	fr. 8,06	brouettes 6 ,7	fr 8,71
Coke	2	brouettes 1 ,	3,94			brouette 1 ,9	4,16	brouettes 2 ,	4 38	brouette 1 ,6	3,50
Calcaire	3	713 kil.	0.82	1381 kil.	1,39	754 kil.	0,87	798 kil.	0.92	901 kil.	0,92
Carbonate argileux calciné.	4	1714 »	19 70	2617 »	30,10	1810 »	20,87	1916 »	22,03	1957 »	22,50
Hématite.	5	497 »	10.57	259 »	3,08	539 »	11,46	539 »	12.43	482 »	10,25
Cendres de forges et finerie	6	263 »	0,76			249 »	0 71	228 »	0,66	189 »	0,55
Battitures	7	132 »	0 76			124 »	0,71	114 »	0.66	107 »	0,55
Blackband	8	191 »	2,20			192 »	2,21	132 »	1,51	138 »	1,58
Main-d'œuvre	9		10,33		10,33		10,33		10 33		10,33
Total.			fr. 56 58		fr. 60.77		fr. 59,47		fr. 61,00		fr. 58,87

Quant au fer puddlé, il faut environ 22 1/2 quintaux de fonte pour faire une tonne de barres puddlées n° 1, c'est-à dire que la perte est 12,3 p. %. Ce travail exige de 15 à 25 quintaux de charbon, et coûte pour main-d'œuvre 12 schellings ou 15 francs.

NOTE SUR LES MINES DE SEL

ET LES

SALINES DE SAINT-NICOLAS-VARANGEVILLE

(MEURTHE).

(Extrait du Rapport de voyage de M. L. BRONNE, *élève ingénieur des mines.*

1861

Cet établissement appartient à la Société Daguin et Ce; les premières constructions remontent au mois de septembre 1855. Outre le sel raffiné, il produit annuellement 330,000 quintaux de sel gemme.

Le système d'exploitation, la machine à colonne d'eau, sa disposition et ses accessoires, de même que les modifications ingénieuses que l'on rencontre dans la saline, sont dus à un ingénieur badois, M. Pfetsch, qui dirige cet établissement depuis sa fondation.

Le terrain qui fournit les couches de sel de Saint-Nicolas et des mines voisines est le Keuper (salifèrien de d'Orbigny).

La première couche fut rencontrée à $79^m,60$. Elle n'était pas surmontée d'une nappe d'eau comme on avait eu lieu de le présumer. On traversa ensuite succesivement neuf autres couches, puis à $174^m,50$ on arriva à la onzième, qui est la plus importante et qui repose sur un banc de marne si épais, qu'on ne l'a pas complètement traversé avec un puisard de $7^m,50$ de profondeur.

Toutes les couches de sel sont séparées par des marnes. La quatrième a $7^m,10$ et même 15^m de puissance, mais les parties inférieures sont marneuses et rougies par des matières orga-

niques animales. Il n'y a que les quatre mètres supérieurs qui soient assez purs pour être exploités comme sel gemme. La onzième couche a 21^m de puissance, et l'on exploite actuellement les 5^m,50 inférieurs. Toutes les autres couches n'ont que 0^m,30 à 0^m,40 d'épaisseur, et ne sont pas exploitées. Les travaux dans la quatrième sont même abandonnés, parce que la onzième suffit amplement à l'extraction.

Comme on se proposait de vendre du sel gemme et de fabriquer en même temps du sel raffiné, on n'avait adopté que transitoirement le procédé d'abord employé et qui consistait à extraire le sel en blocs et à en dissoudre une partie pour le raffinage. Dans le but de remédier aux inconvénients que présentait cette méthode, M. Pfetsch a imaginé de saturer l'eau au fond de la mine, en lui faisant creuser des entailles verticales destinées à faciliter l'abattage du sel. L'eau salée est alors élevée par deux jeux de pompes superposés, jusque dans les réservoirs de la saline.

Les avantages de ce système sont faciles à saisir; l'eau se sature presque sans frais et les entailles qu'elle produit diminuent considérablement les frais d'abattage du sel. Ensuite les matières insolubles que peut contenir le banc de sel restent dans les galeries, tandis que, quand la dissolution se faisait au jour, on était obligé d'extraire les matières inertes, puis de les retirer des bassins de dissolution.

J'ai dit que deux pompes servent à élever l'eau salée jusqu'au jour. Le moteur de la pompe inférieure est une machine à colonne d'eau horizontale, construite d'après le système de M. de Reichenbach. Le motif pour lequel on a préféré le mouvement horizontal dans cette circonstance, était la difficulté de donner une fondation solide à une machine verticale. L'eau qui sort de la machine à colonne d'eau, remonte dans un bassin situé à onze mètres plus haut. Ce bassin la distribue dans les galeries, où elle creuse les entailles; elle revient ensuite, par des rigoles, dans deux réservoirs, d'où la pompe la tire pour l'élever dans un autre réservoir placé à 87^m sous le sol. Une pompe, mue par une machine à vapeur établie au jour, l'amène de là dans les bassins de dépôt.

L'eau qui sert à faire mouvoir la machine à colonne d'eau provient : 1° du canal de la Meurthe, qui communique, par un conduit souterrain, avec un petit puits de l'établissement ; 2° d'une source extérieure venant d'une montagne voisine ; 3° d'une source qui se trouve à 35^m sous le sol, et dont l'eau arrive dans un bassin, d'où elle est élevée jusqu'au réservoir à eau douce par une petite pompe mue par la même machine que la pompe à eau salée.

Toute cette eau, rassemblée au jour dans un bassin en bois, se rend directement dans la machine à colonne d'eau. Celle-ci est représentée en coupe pl. 5, fig. 1 et 2. L'eau arrive par le tuyau A, et par le moyen des deux pistons distributeurs O et N, se rend alternativement de chaque côté du piston moteur B, auquel elle communique ainsi un mouvement de va et vient. Considérons la machine dans la position où elle est représentée sur le dessin.

L'eau arrive par le canal P, et par sa pression fait avancer le piston de gauche à droite. Vers la fin de la course, la tringle G, poussée par la coulisse F, force les petits pistons H, I à se déplacer, et l'eau, ayant alors accès à droite du piston M, force le système des trois pistons M, N, O à se mouvoir de droite à gauche. L'eau peut donc entrer dans le canal Q et donner au piston moteur un mouvement de translation de droite à gauche. La différence de diamètre entre les deux pistons O et M est destinée à compenser la perte de pression due à la surface occupée par la tige.

On voit que le mouvement du système dépend uniquement du petit piston M : si la position du piston H permet l'entrée de l'eau par le canal L, il y a à droite du piston M un excès de pression qui pousse les trois pistons. Si le canal L est au contraire fermé, cet excès de pression existe en sens inverse, et les pistons reprennent leur position première.

La figure 15 donne le détail de la tringle G, fig. 1. De chaque côté de l'extrémité inférieure de cette pièce se trouve un petit levier à angle droit, qui, à cause d'un arrêt fixe, ne peut tourner que d'un côté. Chacune des coulisses est munie d'un bout de tige ; celle-ci, rencontrant les leviers de la pièce G,

soulève le premier, puis vient butter contre le second, et change ainsi la position de la tringle.

La pièce V, fig. 1, est un manchon fixe destiné à guider la tige.

Le piston de la pompe foulante à double effet, destinée à élever l'eau 85^m plus haut, est commandé directement par la tige.

La force théorique de la machine à colonne d'eau est de 8,43 chevaux. Or, la force utilisée par la pompe est 6,14 chevaux. En outre, la machine fait encore mouvoir une petite pompe destinée à enlever les eaux d'infiltration qui s'amassent dans le puisard, et à les déverser dans les bassins situés 4^m plus haut. Cette petite pompe consomme 0,37 cheval. L'effet utile de la machine à colonne d'eau est donc $\frac{6,14 + 0,37}{8,43} = 77,20\ \%$, résultat des plus remarquables. Le piston donne par minute dix courses de $0^m,80$.

Les détails de construction de la pompe ne présentent rien de particulier, si ce n'est le système des robinets de conduite, qui est également adopté pour la machine à colonne d'eau.

L'énorme pression à laquelle ces robinets doivent résister, était un obstacle à l'emploi des robinets coniques. En effet, supporter une pression de 174^m d'eau et conserver un jeu suffisant pour pouvoir être manœuvré sans trop de difficulté, étaient des conditions qui rendaient presque impossible l'emploi de ces robinets, à cause de la pression qui s'exerce parallèlement à l'axe et qui tend à chasser le robinet hors de son siége.

Les fig. 5, 6, 7, 8, 9 représentent deux coupes des robinets cylindriques placés sur les tuyaux de conduite.

A et B sont deux disques en fonte fixés à l'axe C du robinet. Ils contiennent deux entailles dans lesquelles s'engagent les extrémités de la plaque de cuivre D. C'est celle-ci qui intercepte la communication dans les tuyaux, lorsqu'elle vient s'appliquer contre une des ouvertures, en tournant sa concavité vers le côté où se trouve l'eau. La pression d'un ressort et celle de l'eau elle-même en font une fermeture aussi parfaite que possible. Des ouvertures F, percées dans le disque B, sont destinées à laisser entrer l'eau sous le disque; la pression se produit ainsi

de B en A pour maintenir le disque A contre la plaque adjacente. Récemment on a légèrement modifié cette disposition. L'eau s'échappant toujours par le pourtour du disque A, on supprime dans les nouveaux robinets les ouvertures F, et l'on place autour de l'axe C une boîte à bourrage qui n'est pas représentée sur la fig. 5.

Le piston de la pompe est figuré en coupes longitudinale et transversale, dans les figures 3 et 4 ;

a corps du piston en fonte ;

b plaque circulaire en fer forgé ;

c, *c* anneaux en fer assujettissant, à l'aide des boulons *i*, les cuirs emboutis *d* ;

f bande de cuir formant un manchon cylindrique autour du piston ;

g clapet double s'ouvrant du côté d'où vient la pression, et destiné à permettre l'accès de l'eau à l'intérieur du piston, pour qu'elle exerce sa pression sur la bande de cuir. Ce piston est excellent, mais une circonstance particulière doit le faire abandonner : une portion de l'eau qui alimente la machine provient du canal, et cette eau contient toujours du sable qui s'introduit entre le piston et le corps de pompe. On va donc remplacer ces pistons par des pistons Stephenson, auxquels on adaptera des cuirs emboutis semblables à *d*, fig. 3.

Les cylindres de la machine à colonne d'eau et de la pompe ont au minimum $0^m,005$ d'épaisseur. Ils sont en fonte, mais pour la machine, on a dû en faire faire trois avant d'en avoir un convenable. Le premier s'est brisé à une des brides, et le deuxième n'étant pas assez compacte, l'eau s'en échappait sous forme de brouillard. Le troisième ne présente pas du tout ce dernier inconvénient. Les machines à colonne d'eau de la Bavière et du Wurtemberg ont des cylindres en cuivre ; ce métal présente plus de résistance et moins de porosité que la fonte.

La machine et la pompe ont coûté 3,000 fr.; elles ont été construites chez M. Dyckhoff, à Bar-le-Duc.

Nous avons vu que le motif qui avait déterminé M. Pfetsch à construire une machine horizontale, était la facilité de donner à celle-ci une fondation inébranlable. En effet, la machine de

Saint-Nicolas est simplement assujettie sur deux grosses pièces de bois de chêne reliées entre elles par quatre larges bandes de fer, et reposant sur quelques poutres en travers. Ce bâti est fort simple et fort peu coûteux en comparaison de celui qu'eût nécessité une machine verticale. Cependant il est probable que quand on établira une deuxième machine, on lui donnera une position verticale, parce que les matières sableuses de l'eau usent promptement la partie inférieure de la surface interne du cylindre.

Dans la marche des pistons de la pompe et de la machine, on observe un phénomène très-remarquable. Ces pistons prennent un mouvement lent de rotation, qui va jusque quatre tours complets par jour, et comme on ne connaît aucun moyen d'empêcher la rotation, on est obligé d'avoir, pour l'assemblage des tiges, une disposition qui permette ce mouvement. La tige du piston moteur et celle du piston de la pompe sont reliées par un embrayage T, fig. 1, représenté en coupe à une échelle plus grande par la fig. 16.

a, tige de la machine à colonne d'eau;

b, tige de la pompe; celle-ci s'emboîte dans la première par une surface conique;

c et *d*, boulons; le boulon *c* est rendu fixe sur la tige *b* au moyen d'une broche *k*.

e, manchon contenant l'assemblage;

f, clavette qui permet de serrer à volonté l'une contre l'autre, les extrémités des tiges *a* et *b*.

Celles-ci peuvent donc obéir aux mouvements de rotation que leur impriment leurs pistons respectifs. Le sens de la rotation n'a pas de loi connue; une modification dans la machine peut le faire changer.

Ce fait a été observé pour la première fois par M. de Reichenbach, dans les premières machines à colonne d'eau construites par ce célèbre ingénieur, et depuis lors, on l'a remarqué dans toutes les machines de ce système.

Dans la machine de Saint-Nicolas, la rotation est beaucoup plus intense pour le piston moteur que pour celui de la pompe.



Ce fait mérite d'être étudié, car il n'a pas encore reçu d'explication satisfaisante. Peut-être l'eau qui chasse le piston, arrive-t-elle contre celui-ci, par une cause quelconque, avec un mouvement de tourbillon. Cela dépendrait alors de la configuration intérieure des conduites d'eau.

Les figures 10 et 11 représentent une coupe de l'intérieur de la mine, passant par l'axe du puits. On y voit la manière dont sont disposés les réservoirs et les machines. L'eau douce descend par le tuyau *a*, se rend dans la machine à colonne A, puis, par le tuyau *c*, se déverse dans le bassin E. De là elle se rend dans les galeries par le tuyau *d*. L'eau salée se réunit dans les réservoirs D D, où se rend aussi l'eau du puisard pompée par une petite pompe B. Toute cette eau est enfin reprise par la pompe foulante F.

Le puits est représenté, quant à sa disposition, par la fig. 17. On voit qu'il contient trois compartiments. L'un sert pour les pompes et les échelles, le deuxième est occupé par l'extraction, le troisième est réservé pour l'aérage. Celui-ci est activé de la manière suivante : Tout l'air qui sort du puits par le compartiment spécial, se rend sous les foyers des chaudières et ces foyers ne peuvent brûler d'autre air que celui de la mine. Le nombre des ouvriers étant peu considérable relativement à l'étendue des travaux, l'air qui sort de la mine n'est pas assez vicié pour être impropre à la combustion. Ce système permet d'obtenir sans frais un excellent aérage, que l'on peut modérer à volonté.

Comme je l'ai dit plus haut, la couche de sel a 21^m de puissance, mais on n'en exploite que les $5^m,50$ inférieurs, et cette partie suffisant largement à l'extraction pendant un grand nombre d'années, on ne s'est pas encore préoccupé de la manière dont on exploitera le reste de la couche. Prochainement cependant, on augmentera de deux mètres la hauteur des galeries.

Le système actuel est une de ces dispositions dites *en échiquier*. On laisse des piliers de 6^m sur 6^m, en donnant 9^m de largeur aux galeries principales et 8^m aux galeries transversales. Le puits, dont la section est de $2^m,80$ sur $3^m,50$, est protégé par deux massifs de sel gemme de 20^m sur 30^m.

Le projet primitif, et qui, je pense, fut suivi dans les commencements, était de faire des galeries de 9^m de largeur, en laissant des piliers de 30^m de côté; car on pensait trouver une assez grande quantité d'eau, ce qui n'est pas arrivé. Ce plan fut bientôt abandonné; en effet, il ne permettait de donner une certaine étendue à l'exploitation qu'avec un transport considérable.

Un deuxième projet, proposé pour le cas où l'on aurait des venues subites d'eau, fut de même abandonné, et c'est alors que M. Pfetsch, en conservant les voies principales de 9^m du projet primitif, divisa les massifs par d'autres voies auxquelles il donna 8^m de largeur pour ne pas avoir des piliers trop faibles. Telle est l'origine de cette différence entre les voies principales et les autres.

L'eau du bassin placé à 11^m au-dessus du fond se distribue par des tuyaux en fonte guidés le long des galeries. Chacun d'eux est relié à son extrémité, par l'intermédiaire d'un tube plus petit en fer forgé, à un autre tube horizontal placé parallèlement au front de la galerie, et communiquant, par des tuyaux en caoutchouc, avec quatre becs (fig. 14). C'est par ces becs, qui sont percés de petits trous, que l'eau s'échappe en filets minces pour dissoudre le sel et creuser peu à peu les entailles. Celles-ci ont $0^m,40$ à $0^m,50$ de largeur; leur profondeur va jusque 4^m et même 6^m (fig. 13). Leur avancement journalier est de $0^m,40$ en moyenne. Elles n'exigent qu'une main-d'œuvre très-faible, puisqu'il n'y a besoin que d'avancer de temps en temps les becs et de faire tomber les matières marneuses qui, par la dissolution du sel, font saillie dans les entailles et empêchent l'eau douce de couler le long de la roche pour se saturer. L'eau salée se réunit dans une rigole placée latéralement et qui la conduit vers un des réservoirs. Il y a toujours un certain nombre de chantiers dont on prépare les entailles, tandis que d'autres sont en abattage.

Lorsque les entailles ont la profondeur suffisante, il reste à enlever les trois piliers ainsi préparés. Cette opération se fait à l'aide du pic et de quelques coups de mine. Quand on commence une galerie, la première opération est de former un

gradin, dont la partie supérieure a 2m,50 et la partie inférieure 3 mètres (fig. 12 et 13), puis on continue l'abattage en travaillant successivement aux deux parties du gradin. L'ouvrier doit d'abord enlever le massif *a*. Pour cela, il s'installe sur le gradin, et, avec le pic, pratique une large entaille horizontale à la base de cette partie; deux mines successives, l'une placée à peu près au centre, l'autre près du toit, font ensuite sauter le reste de la masse. On s'occupe alors de la partie *b*, qu'on fait ordinairement sauter au moyen d'un seul trou de mine vertical. Il est rare que cette mine ne suffise pas. On continue de la sorte jusqu'à ce qu'on soit arrivé aux extrémités des entailles; on en recommence alors de nouvelles.

Un chantier occupe à la fois trois ouvriers et un manœuvre. Il y a deux postes de huit heures chacun. Les six mineurs des deux postes sont payés en bloc par mètre cube d'avancement, à raison de fr. 2,75 pour la partie supérieure et de fr. 3,20 pour la partie inférieure. Les manœuvres sont payés à la journée. On voit combien ce système est supérieur à celui qui est employé dans presque toutes les mines de sel gemme, et entre autres dans celles de la Meurthe. Grâce aux entailles, la main-d'œuvre pour l'abattage du sel est presque diminuée de moitié.

L'eau salée marque 19° et est amenée à saturation, encore presque sans frais, au moyen des fragments de sel trop impurs pour être vendus, et que l'on jette dans des paniers flottants placés dans les réservoirs de la saline. Dans l'état actuel des travaux, on produit annuellement, au fond de la mine, 100,000mc d'eau salée. Le nombre des chantiers varie suivant l'état des commandes; il va jusque 65 environ. L'extraction journalière est de 1000 à 1200 quintaux; on sera obligé dans peu de temps de creuser un nouveau puits, parce que le puits actuel ne pourra bientôt plus suffire à l'extraction.

Les mines de sel passent pour être les plus belles d'entre toutes les mines; j'ai pu en juger par celles qui font l'objet de cette note. Les énormes dimensions des galeries, la blancheur des parois, le reflet des lampes sur la roche humide et luisante, donnent à ces travaux un aspect grandiose et pittoresque, qui excite l'admiration des nombreux visiteurs que la curiosité

attire à Saint-Nicolas durant toute l'année. Ajoutons que chacun y est accueilli avec la plus grande affabilité par les chefs de l'établissement, ce qui ne peut qu'augmenter encore le charme de cette visite.

L'établissement n'a fabriqué jusqu'à présent que du sel raffiné, mais la Société se propose de compléter son usine par une fabrique de produits chimiques. Tant par ses dispositions d'ensemble que par ses ingénieux détails, la saline passe, à juste titre, pour l'une des plus belles de France. J'en dirai quelques mots pour terminer.

Les réservoirs qui reçoivent l'eau salée de la mine sont au nombre de seize. Ils sont en sapin et ont une capacité de 165^{mc} chacun. L'eau achève de s'y saturer et y dépose les impuretés qu'elle tenait en suspension. On aide à la clarification de l'eau salée en y jetant de la chaux; celle-ci, en se carbonatant et se précipitant, entraîne mécaniquement la plus grande partie des impuretés. On ajoute environ vingt litres de chaux par réservoir. La clarification dure 4 à 8 jours.

L'eau se rend de là dans les poêles à évaporer, où, par la concentration, elle laisse déposer du sel en cristaux plus ou moins gros, selon le temps au bout duquel on les recueille. La disposition de ces poêles est particulière à cette saline. Elles sont chauffées soit au feu nu, soit à la vapeur. Les grandes poêles, de 75^{mc} de capacité, sont chauffées directement; la flamme, après avoir circulé dans des chicanes, se rend dans une cheminée de 42^{m} de hauteur. A chacune de ces poêles est annexée une autre poêle, plus petite, chauffée uniquement par la vapeur produite dans la première; on avait d'abord voulu faire circuler la vapeur dans des chicanes, mais on a reconnu qu'il était préférable de laisser libre tout l'espace situé sous ces poêles et de diminuer le tirage, afin que la vapeur pût abandonner tout son calorique.

Enfin, la vapeur des petites poêles sert encore à chauffer les séchoirs. Presque toute la chaleur théorique produite par la houille est donc utilisée.

Les foyers des poêles sont représentés dans la fig. 18. A est une trémie qui reçoit le charbon frais, et que l'on doit maintenir

toujours pleine. B est une grille en gradins, et C un clapet en tôle, mobile autour de l'axe O et s'ouvrant à l'intérieur. Deux bras *p* servent à le manœuvrer, et il suffit de lui imprimer quelques secousses pour faire tomber de la houille sur la grille. Ce foyer, qui est breveté, est parfaitement fumivore.

La marche de la flamme sous les poêles est donnée par la fig. 19. La chambre qui se trouve sous la poêle est divisée par une cloison longitudinale, aux deux côtés de laquelle se trouve un foyer A. La flamme est divisée au moyen de plusieurs cloisons en éventail et se dirige, de la manière dont l'indiquent les flèches, vers la cheminée. La disposition de ces cloisons, qui sont faites en briques, permet d'obtenir, dans la partie antérieure de la poêle, du sel fin à 12 heures, et de l'autre côté du sel plus gros, à 24 heures (1).

Les poêles à évaporer, ainsi que les séchoirs, sont en tôle comme partout ailleurs; mais, par un moyen des plus ingénieux et que la discrétion m'empêche de décrire, l'habile directeur de l'établissement a trouvé le secret d'empêcher l'oxydation de la tôle. Ce procédé est surtout précieux pour les poêles chauffées à la vapeur. Le sel qu'on en retire, bien que recueilli à de longs intervalles, ne possède pas la moindre coloration.

Au bout d'une quinzaine de jours, les eaux sont devenues trop impures pour fournir encore du sel, on est donc obligé de les jeter; mais plus tard, ces eaux mères seront utilisées à la fabrication de produits chimiques. On fabrique 14 qualités de sel raffiné, groupées sous les noms de *blancs*, *étamés*, *gris* et *extra*.

Quant au sel gemme en roche, il est livré au commerce sous les noms de *égrugés*, *blocs*, *épilures*, formant cinq qualités différentes. Le sel que l'on retire des poêles est égoutté, puis porté aux séchoirs. Il y a maintenant une soixantaine de poêles et, chaque mois, l'établissement s'agrandit encore de quelque construction nouvelle.

---

(1) On sait que l'on désigne le sel raffiné par le nombre d'heures au bout duquel on le retire des poêles.

NOTE SUR LA RELATION

ENTRE

LES ACCROISSEMENTS DE LA SURFACE DE CHAUFFE

ET

LES ACCROISSEMENTS DE LA QUANTITÉ D'EAU VAPORISÉE,

PAR

P. HAVREZ,

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES, DES ARTS ET MANUFACTURES,
PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES ARTS INDUSTRIELS ET DES MINES DE LILLE.

SOMMAIRE.

§ 1. Avantages et inconvénients des grandes surfaces de chauffe. — § 2. Recherches expérimentales sur les accroissements d'eau vaporisée par une suite d'accroissements de la surface de chauffe. — § 3. Recherches 1° de la dépense par 1m² de chaudière; 2° de l'économie de chaleur que celle ci réalise; 3° des conditions où la dépense égale l'économie; 4° application. —§ 4. Recherche de la loi du refroidissement de la flamme qui avance sous les chaudières. — § 5. Recherche de la quantité totale vaporisée par une longueur de tube chaud. — Rapport remarquable, confirmé par l'expérience, entre les quantités vaporisées par des longueurs successives égales — Application.

---

§ 1.

Les constructeurs sont, on le sait, loin de s'entendre sur le meilleur rapport à adopter entre la surface de chauffe et la quantité d'eau à vaporiser par heure.

Les uns trouvent qu'il y a économie à ne pas trop étendre les surfaces de chauffe; ils admettent 3 décimètres carrés de surface

par litre d'eau à vaporiser par heure. Une surface plus grande augmenterait la dépense sans accroître sensiblement l'économie du combustible ; et d'ailleurs elle occasionnerait trois inconvénients :

1° Elle refroidirait trop les gaz et nuirait au tirage de la cheminée; 2° en nécessitant une chaleur moins intense, elle rendrait l'ébullition très-languissante pendant les premiers temps de la chauffe; 3° elle exigerait de vastes locaux toujours très coûteux, surtout dans les villes.

D'autres constructeurs, plaçant en première ligne l'économie du combustible, prennent par litre à vaporiser en 1 heure, 5. 6 et même 10 décimètres carrés; dans la chaudière de Cornwall de Old Ford, on a été jusqu'à 120 et même 450 décimètres carrés (1). Les avantages qui résultent de ces grandes surfaces de chauffe sont :

1° L'économie du combustible, si coûteux dans certaines localités.

2° La chaleur moins intense, ce qui ménage les parois des chaudières.

3° La possibilité d'employer des combustibles schisteux, peu échauffant et peu coûteux.

4° La quantité plus faible de combustible mise sur la grille et le ralentissement dans le tirage. On sait que cette combustion lente et cette circulation moins rapide des gaz échauffants qui ont ainsi le temps de mieux se dépouiller de leur chaleur, sont très-favorables à l'économie du combustible.

5° L'éloignement entre la prise de vapeur et la portion de la chaudière où le bouillement de l'eau est le plus actif, et conséquemment la diminution de la quantité d'eau entraînée par la vapeur.

§ 2. — RECHERCHES EXPÉRIMENTALES.

Le plus important des avantages précédents est, sans contredit, l'économie du combustible; on a cherché à la connaître en

(1) Technologiste, 1858, page 545.

étudiant la relation générale qui existe entre les accroissements de la surface de chauffe et les accroissements de la quantité d'eau vaporisée.

Des recherches expérimentales ont été faites dans ce but, en 1842, par MM. Dewrance et Woods, ingénieurs du railway de Liverpool à Manchester. M. Graham a aussi recherché les quantités d'eau vaporisées par les portions successives d'un tube traversé par une flamme. M. Williams, dont la chaudière non-tubulaire fut trouvée supérieure aux chaudières tubulaires par le Comité de la Société houillère de Newcastle, a repris ces expériences, et est arrivé, en employant un tube de $0^m,075$ de diamètre, et $1^m,50$ de long, aux résultats suivants : (*Technologiste*, tome XIX, page 431).

Le tube étant divisé en 5 parties égales, chacune de 30 centimètres de longueur, il a observé les températures et les quantités suivantes d'eau vaporisée dans les cinq compartiments après les nombres de minutes ci-dessous indiqués :

NUMÉRO DU COMPARTIMENT.	1	2	3	4	5
Flamme de coke.	Brillante	——→		elle sort à 427°	
Température de l'eau.					
Après 0 minute	12°	12°	12°	12°	12°
20 —	100°	85°	75°	66°	64°
40 —	100°	98°	92°	86°	80°
60 —	100°	100°	100°	96°	89°
Eau vaporisée en 3 heures.	$3^k,313$	$2^k,605$	$2^k,207$	$1^k,812$	$1^k,787$

Deux autres expériences faites sur un tube long de $1^m,35$, divisé en 5 compartiments, dont 4 de 30 centimètres, et le premier de 15 c., ont donné, après 4 heures d'ébullition et en chauffant à l'aide du gaz d'éclairage dont la flamme refroidie sortait à 250° :

Eau évaporée Q_1	2k,975	1k,246	0k,906	0k,651	0k,481
— — Q_2	2k,719	1k,161	0k,879	0k,558	0k,453
Surface (1) d'évaporation S^{m2}	0m²,05355	0m²,07071	0m²,07071	0m²,07071	0m²,07071
Eau évaporée par 1m² $\frac{Q_1}{S}$	84k,15	17k,6	12k 8	9k 2	6k,8
Eau évaporée par 1m² $\frac{Q_2}{S}$	76k,9	16k,4	12k,4	7k,6	6k,4

Pour saisir avec ensemble les variations des quantités d'eau vaporisée, on peut représenter ces résultats par deux courbes dont les abscisses seront les longueurs du tuyau, et les ordonnées seront les quantités d'eau vaporisées en moyenne par chaque longueur successive.

Le rayonnement intense du foyer altère la courbe dans les premières parties de la chauffe, mais au-delà, l'influence de la chaleur diminue de moins en moins.

§ 3.

Plusieurs problèmes importants sont à résoudre pour expliquer et utiliser les résultats ci-dessus : le plus important pour la pratique est de savoir la quantité d'eau que 1m² doit vapori-

(1) Cette surface étant celle du pourtour d'un tube, égale π D L $= 3{,}14 \left(\frac{5}{4}\right)^{\text{décim.}} 3^d = 7^{d2}{,}071$ pour les derniers compartiments, et la moitié, $3^{d2}{,}535$, pour le premier.

ser au minimum pour qu'il y ait économie au bout de l'année, en d'autres termes, la limite à donner à la surface de chauffe.

Pour le résoudre, il faut déterminer la dépense occasionnée par 1 mètre carré de chaudière, et l'économie que celle-ci produit.

1° RECHERCHE DE LA DÉPENSE POUR 1^{m^2} DE CHAUFFE A AJOUTER.

Le prix des chaudières est proportionnel à leur poids, et ce poids égale :

la surface × l'épaisseur × densité 7,7.

Les constructeurs prennent 10 pour la densité à cause des rivets et des recouvrements. (1). Le prix de 100 kil. de tôle en Belgique est de 50 à 60 fr. On ajoute 1/5 pour les portes, barreaux, etc ; nous compterons donc 70 fr. pour 100 kil. de tôle (2).

Nous admetterons que, comme dans le cas des chaudières à réchauffeurs, 1^{m^2} de tôle ajoutée est entièrement utilisé pour la chauffe, et n'ajoute rien à la chambre de vapeur.

L'épaisseur $e = 1^{mm}.8 \,.\, n \,.\, D + 3^{mm}$ pour parois chauffées par la flamme du foyer.

$= 1^{mm},5 \,.\, n\, D + 2^{mm}$ pour parois non chauffées.

n est le nombre d'atmosphères de pression effective.

D est le diamètre exprimé en mètres.

Le prix de 1^{m^2} de tôle est donc dans le cas où toutes les parois de la chaudière sont chauffées par la flamme.

---

(1) En France, on pèse généralement les chaudières. Les habitudes citées sont celles de Belgique.

(2) Généralement on fait la surface de chauffe égale à 20 fois celle de la grille ; et le poids de cette surface est augmenté de 1/5, afin de payer les grilles, portes, etc. Si alors on trouve bon d'avoir un accroissement de surface de chauffe, le poids de celui-ci ne sera plus grevé de l'accroissement 1/5. Il serait donc peu juste de faire supporter aux grandes surfaces de chauffe cet excès de prix. — En France, on paie séparément les grilles et les portes, c'est assez rationnel. Les chaudières se vendent 75 à 100 fr. les 100 kilog. quand elles ont de petits diamètres. — Les prix de 50 à 60 francs sont surtout ceux des chaudières à réchauffeurs que l'on préfère en Belgique, tant pour l'économie du combustible que pour la facilité du nettoyage.

$$1^{m^2}\,(1^{mm},8\,n\,D + 3^{mm}) \times \frac{10^{k}}{1^{d^3}} \times \frac{70^{frs}}{100^{k}} = 7^{frs}\left(\frac{1^{mm},8\,.\,n\,\frac{D^{m}}{1^{m}}\,3^{mm}}{1^{mm}}\right)$$

Pour les chaudières tubulaires, le prix du mètre carré des surfaces non exposées à la flamme est :

$$\left(\frac{1^{m^2}\,\Sigma\,[S'(1^{mm},5\,n\,D' + 2^{mm}]}{\Sigma\,(S')} + 1^{m^2}\right) \times \frac{7^{frs}}{1^{d^3}}$$

On pourrait considérer comme surface soustraite à l'ardeur du feu toutes les parties qu'on ajoute à la chauffe, et prendre la formule des épaisseurs permises dans ce cas. Mais, dans le problème qui nous occupe, il est préférable d'exagérer la dépense pour l'achat des machines, et nous adopterons pour tous les cas la formule des plus fortes épaisseurs.

Nous devons encore tenir compte du prix des maçonneries qui croissent en même temps que la surface de chauffe. Mais la quantité et la qualité des briques varient extrêmement d'un système de chaudières à l'autre.

Les locomotives n'en employent pas.

Les tubulaires fixes pour une force de 50 chevaux peuvent n'exiger que pour 500 fr. de maçonnerie, en admettant 1^{m^2} de chauffe par cheval ; chaque mètre carré de chauffe est donc grevé de 10 fr. pour la maçonnerie.

Pour les chaudières à bouilleurs de 50 chevaux la maçonnerie coûte 1500 à 2000 fr. C'est donc 30 à 40 fr. par 1^{m^2} de chauffe, à cause de l'emploi des briques réfractaires.

Mais dans un accroissement de surface de chauffe on peut employer des briques ordinaires, et l'on n'a souvent qu'à allonger les cylindres sans augmenter les maçonneries des extrémités. Aussi, on peut admettre que par 1^{m^2} ajouté à la chauffe, la dépense de maçonnerie est : B = 10 à 20 francs.

La dépense totale par 1^{m^2} est donc en francs :

$$7\,.\left[\;1,8\,n\,\frac{\Sigma\,(S\,D)}{\Sigma\,(S)} + 3\;\right] + 10 \text{ à } 20.$$

L'intérêt annuel exigible est 10 pour 100. L'amortissement

peut aussi être évalué à 10 pour 100. Il faut donc que l'usage de cette surface rembourse annuellement :

$$\frac{20}{100}\left[\left(1{,}8 \,.\, n \,.\, \frac{\Sigma\,(S\,D)}{\Sigma\,(S)} + 3\right).7 + 10 \text{ à } 20\right] \text{ francs.}$$

2° RECHERCHE DE L'ÉCONOMIE ANNUELLE PRODUITE PAR 1^{m^2} DE CHAUFFE.

Admettons que la quantité A kilogrammes se vaporise par 1^{m^2} et par heure. En une année, ou 300 jours, à 10 heures par jour, c'est 3,000 A kilog. gagnés.

Une chaudière à surface de chauffe étendue peut vaporiser 10 kilog. de vapeur par kilogramme de houille consommé.

Soit P centimes le prix de 1 kilog. de houille.

Les 3,000 A kilog. de vapeur réalisent une économie de 300 A P centimes, soit 3 A P francs.

3° RECHERCHE DES CONDITIONS OU L'ÉCONOMIE ÉGALE LA DÉPENSE.

Il faut que l'économie 3 A P réalisée paye *au moins* l'intérêt et l'amortissement annuels de la dépense pour la surface de chauffe, donc :

$$3\,A\,.\,P = \frac{1}{5}\left[\left(1{,}8 \,.\, n \,.\, \frac{\Sigma\,(S\,D)}{\Sigma\,(S)} + 3\right).7 + 10 \text{ à } 20\right]$$

d'où l'on déduit la quantité A qu'un mètre carré de surface de chauffe doit débiter *au moins* par heure pour qu'il n'y ait pas de perte à la fin de l'année.

4° APPLICATION.

Appliquons cette équation générale et prenons pour cas particulier celui des chaudières à réchauffeurs *(du système Farcot ou de tout autre système)*. — Les systèmes à hautes pressions étant les plus économiques, nous admettrons que la pression effective est de 6 atmosphères, et que les réchauffeurs que l'on allonge ont 60 centimètres de diamètre; leur épaisseur sera :

$$1{,}8 \,.\, 6 \,.\, 0{,}6 + 3 = 9^{mm}{,}48, \text{ soit 10 millimètres.}$$

Admettons que P, le prix de un kilogramme de houille, soit 1 centime. — C'est moins dans les houillères, c'est plus dans les lieux qui en sont éloignés. Et d'ailleurs, les grandes surfaces de chauffe permettent l'emploi de mauvais combustibles. L'équation générale donnera pour le cas qui nous occupe

$$3 \,.\, A^{k} = \frac{1}{5}\left[\,10\,.\,7 + 10 \text{ à } 20\,\right]$$

d'où $A = 5^{k},333$ à 6^{k}.

Nous pouvons admettre que la maçonnerie pour les réchauffeurs a une valeur intermédiaire entre la maçonnerie des tubulaires et celle des bouilleurs. Donc A = en moyenne 5,0 kilog. Cette quantité doit être vaporisée au moins par heure et par mètre carré des dernières portions de chauffe pour qu'il y ait économie à la fin de l'année.

Si la tôle est peu épaisse, comme cela est permis pour les chaudières d'un petit diamètre et pour les systèmes tubulaires, surtout lorsque la pression est plus faible; s'il y a peu de maçonnerie, on pourra économiquement descendre à un pouvoir vaporisant de 4 et même 2 kilog. d'eau par 1^{m^2} de chauffe.

En Cornwall et dans les localités où le charbon est coûteux, on pourra descendre à 1/2 et même à 1/4 kil. de vapeur par 1^{m^2}. (*Nous avons dit en tête de cette note qu'on était descendu à* $\frac{1}{4,5}$ *kilog. par* 1^{m^2}.) Nous ferons remarquer cependant qu'il est avantageux de ne pas immobiliser trop de capitaux et qu'il faudra rester toujours au-dessus de la valeur minima A. — Prenons A = 10 kilog.

Il est facile de trouver jusqu'où il faut pousser le refroidissement pour avoir sur les dernières parties de la chauffe une vaporisation A'^{k} par 1^{m^2} et par 1 heure.

Nous voyons par les expériences de Williams que quand le gaz échauffant est à 427° il dégage par $0^{m^2},0707$ env. $1^{k},987$ de vapeur,

17° dégagent en moyenne 1 kilogram. par 1^{m^2},

et 170° dégageront 10 kilog. (1)

---

(1) Il faut remarquer cependant que dans la seconde expérience de Williams 1^{m^2} à 250° n'ont dégagé que 6 kil. de vapeur. Ainsi 40° dégage-

Ainsi dans le cas ci-dessus il ne faudra pas refroidir les gaz en dessous de 170°. — Ces gaz pourront d'ailleurs servir utilement sous d'autres appareils construits en tôle mince.

4. — RECHERCHE DE LA LOI DU REFROIDISSEMENT DE LA FLAMME.

Soit c la quantité de chaleur qui traverse par 1' la tôle pour un excès de t^o de 1° et pour une surface 1.

d^3q sera la quantité qui passera pendant le temps dt pour un excès de température $d\mathrm{T}$ et par une surface $d\rho$.

Ainsi

$$d^3q = c\,dt\,d\mathrm{T}\,d\rho.$$

$$q = c\,.\int\!\!\int\!\!\int.\,dt\,.\,d\mathrm{T}\,.\,d\rho.$$

Cette équation générale donne la quantité de chaleur qui sortira dans tous les cas possibles, lorsqu'on donnera la relation entre la suite des températures du gaz échauffant, la suite des vitesses et l'équation de la surface.

Les auteurs admettent généralement que dt, $d\mathrm{T}$ et $d\rho$ sont constants et déduisent de là l'équation

$$q = \mathrm{C}\,.\,t\,.\,\mathrm{T}\,.\,\rho\,.$$

Il n'y est pas tenu compte de l'épaisseur des chaudières, qui n'a d'influence que sur leur prix, et non sur leur pouvoir vaporisant; en effet, l'expérience prouve que les dépôts de suie et de calcaire qui se produisent sur les surfaces extérieures et

---

raient en moyenne 1 kilog par 1$^{m^2}$ et par 1 heure — Dans le chauffage à la vapeur on admet que, pour un excès de température de 1°, en 1 heure et par 1$^{m^2}$, il passe 11,8 calories; ce qui fait que 45° d'excès de t^o laisseront passer 530 calories et vaporiseront 1 kilog. d'eau. — Mais, comme l'ont remarqué Dulong et Petit, la vitesse du refroidissement étant plus grande pour de grands excès de température, il est possible que chaque excès de 20° à 30° vaporise 1 kilog. d'eau pour les hautes températures, tandis qu'il faut 30° à 40° d'excès, lorsque la température de la flamme est plus faible. — L'état des surfaces doit avoir une grande influence sur la valeur de ces chiffres, ainsi que la quantité et la vitesse des gaz chauds qui circulent.

intérieures des chaudières ont une telle influence sur la conductibilité des parois métalliques que celle-ci n'a pas d'influence sensible.

Toutefois, cette équation n'est pas rigoureuse, puisque jamais l'on n'a une différence T° constante entre les températures du gaz et celle de l'eau. Le temps est aussi un élément essentiel du problème, car, si le gaz passe dans un temps moitié moindre avec une vitesse double, il ne sera refroidi que moitié moins. Les variations de vitesse qu'éprouvent les gaz plus ou moins dilatés, sont assez faibles pour que nous n'en tenions pas compte dans les calculs ultérieurs, nous nous bornerons à indiquer le moyen d'évaluer cette influence. Nous devons traduire analytiquement qu'à mesure que le gaz avance, son volume, V_T refroidi, se contracte, ce qui diminue sa vitesse, V_T à T. Soit S_0 et V_0 la section et le volume à la température 0°.

$$v_T \times S_0 = V_T = V_0 (1 + \alpha T)$$

$$\text{d'où } \frac{v_T}{1''} = \frac{\text{longueur 1 mètre}}{\text{temps } t \text{ pour décrire 1 mètre}} = \frac{V_0}{S_0}(1 + \alpha T)$$

$$\text{d'où} \qquad dt = d\left(\frac{S_0}{V_0(1+\alpha T)}\right) = -\frac{\alpha S_0}{V_0}\frac{dT}{(1+\alpha T)^2}$$

Telle est la valeur à substituer dans l'équation générale.

Ce qui influe surtout sur la quantité vaporisée, et ce dont nous tiendrons exclusivement compte, c'est la variation dT des températures du gaz dans le tube. Pour l'évaluer, prenons sur la longueur de ce tube deux tranches successives de longueur égale et infiniment petite dl; nous admettrons que l'eau tout autour du tube soit à la température θ constante d'ébullition.

La température du gaz chaud est devenue moindre en passant d'une tranche à la suivante et cette diminution dT de la température est due à la quantité dQ de chaleur qui s'est échappée du tube dans l'espace compris entre les deux tranches consécutives

$$m \cdot c \cdot dT = dQ \quad [1]$$

en nommant m la masse du gaz chaud.
c. son calorique spécifique.

Si nous admettons la loi du refroidissement de Newton, la quantité de chaleur transmise par une tranche infiniment petite sera proportionnelle à la section rayonnante $a \cdot dl$ et à la différence de température $T - \theta$ qui existe entre les deux parois. Nous admettons aussi que la vitesse du gaz n'a pas sensiblement changé en passant à travers une tranche infiniment petite.

Donc :

$$dQ = a \cdot (-dl)(T - \theta). \quad [2]$$

a est un coefficient fonction de l'état des surfaces ± conductrices. Il faut $-\frac{dQ}{dl}$, parce que la quantité Q diminue à mesure que l augmente.

Les équations [1] et [2] mises en regard donnent :
$mc\,dT = -a\,dl\,(T - \theta)$ d'où en prenant l'intégrale définie entre les limites T et T° on aura : $\left[\log. \pm (T - \theta)\right]_{T_0}^{T} = -\frac{a}{mc}\left[l\right]_{l_0}^{l}$

d'où $$T - \theta = \pm (T_0 - \theta)\, e^{-\frac{a}{mc} l} \quad [3]\ (1)$$

Ainsi, les distances au foyer croissant en progression arithmétique, les excès de température de la flamme sur l'eau ambiante, décroissent en progression géométrique (2).

---

(1) De là on pourra déduire la valeur dT à substituer dans l'équation générale de la page 47 et obtenir q.

(2) Je ferai remarquer l'analogie qui existe entre cette loi et celle qui régit la suite des températures T d'une barre chauffée à T_0 à un bout et se prolongeant d'une quantité l dans une atmosphère à $\theta°$ (Voir les traités de Fourier et de Poisson). Cette loi est :

$$T - \theta = A \cdot e^{-\alpha l} + B e^{+\alpha l}$$

équation où $\alpha = \sqrt{\frac{ch}{ak}}$ a étant la section de la barre, c son contour, h sa conductibilité extérieure, k sa conductibilité intérieure.

A est une constante de proportion qui devient $T_0 - \theta$ pour l infini.
B » » » » » 0 » »

Ce qui donne la relation, citée dans les traités de physique, entre les températures successives de la barre :

§ 5. — RECHERCHE DE LA QUANTITÉ TOTALE VAPORISÉE PAR UNE LONGUEUR l DE TUBE CHAUD. — RAPPORT ENTRE LES QUANTITÉS VAPORISÉES PAR DES LONGUEURS SUCCESSIVES ÉGALES. — APPLICATION.

On déduit facilement de l'équation [3] la valeur de Q, quantité de chaleur, et par suite de q, quantité de vapeur, qui se dégage tout le long du tube.

Nous l'obtiendrons immédiatement en remarquant que :

$$Q = q \cdot 650^{\text{calories}} = m.c.(T_0 - T)$$

$$= m.c.(T_0 - \theta)\left(1 - \frac{T - \theta}{T_0 - \theta}\right)$$

$$= m.c.(T_0 - \theta)\left(1 - e^{-\frac{a}{mc}l}\right) \quad [4]$$

On aurait pu obtenir cette valeur par la quadrature de la courbe de vaporisation :

$$dQ = -a\,dl(T - \theta) = -a\,dl\left[\pm(T_0 - \theta)\,e^{-\frac{a}{mc}l}\right]$$

$$\frac{T_1 - \theta}{T_2 - \theta} = \frac{T_2 - \theta}{T_3 - \theta} = \frac{T_3 - \theta}{T_4 - \theta} = e^{\sqrt{\frac{ck}{ak}}}$$

Loi dont l'exactitude a été vérifiée par les expériences de M. Despretz. Nous serions arrivés à une loi analogue si, au lieu de partir de la loi de Newton qui n'est qu'approximative, nous avions pris la loi beaucoup plus rigoureuse de Dulong et Petit. En effet, on peut déduire de celle-ci que

$$dQ = dl \cdot A \cdot (a^T - 1)$$

où Q est la quantité de chaleur cédée par la longueur l ;

l est la longueur du tube ;

A est une constante spéciale pour chaque appareil, elle égalait $2{,}037\,(1{,}077)^\theta$ dans celui de Dulong et Petit ;

a est une constante $= 1{,}077$;

T est la température du corps qui se refroidit

Mise en regard de l'équation $mc\,dT = dQ$, elle donne :

$$\frac{dT}{a^T - 1} = \frac{A}{m.c.}\,dl\,.$$

d'où $$l = \frac{m\,c}{A \log. a} \cdot \log. \frac{a^T(a^\theta - 1)}{a^\theta(a^T - 1)}$$

d'où en intégrant entre les limites $l = l$, et $l = o$, on déduit l'équation [4] ci-dessus (1).

On en déduit que q_0, vaporisé entre l_0 et l_1 ou entre T_0 et T_1,
que q_1, — — l_0 et l_2 — T_1 et T_2,
pourvu que $l_1 - l_0 = l_2 - l_1 = \text{etc.} = 1$., sont dans le rapport de

$$\frac{q_0}{q_1} = \frac{m.c.\dfrac{(T_0 - \theta).}{650}\left(1 - e^{-\frac{a}{m.c.}}\right)}{m.c.\dfrac{(T_1 - \theta)}{650}\left(1 - e^{-\frac{a}{m.c.}}\right)}$$

$$= \frac{T_0 - \theta}{T_1 - \theta} = \frac{1}{e^{-\frac{a}{m\,c}l}} \quad \text{(Équation [3])}$$

Ainsi 1° le rapport entre les quantités vaporisées sur des longueurs égales consécutives est un nombre constant.

2° Ce nombre sera d'autant plus faible que la quantité m *de gaz qui passe sera plus forte.*

Voyons si les quantités trouvées expérimentalement par Williams sont dans un rapport constant.

Il a vu que l'on obtenait sur chaque 30 centimètres consécutifs de son tube une évaporation de :

	1k,246 .	0k,906	0k,651	0k,481 .
C'est-à-dire	q_1	q_2	q	q_4 .

Les rapports . $\dfrac{q_1}{q_2} = \dfrac{1,246}{0,906} = 1,37$

$$\frac{q_2}{q_3} = \frac{0,906}{0,651} = 1,39$$

$$\frac{q_3}{q_4} = \frac{0,651}{0,481} = 1,35$$

---

(1) Pour simplifier les applications, on peut employer le développement $-e^{-x} = -1 + \frac{x}{1} - \frac{x^2}{1.2} + \frac{x^3}{1.2.3} - \text{etc.}$, d'où, substituant, on a :

$$q = \frac{a\,(T_0 - t)\,l}{650}\left\{1 - \left(\frac{a\,l}{m\,c.}\right)^1 \cdot \frac{1}{1.2} + \left(\frac{a\,l}{m\,c}\right)^2 \cdot \frac{1}{1.2.3} - \text{etc.}\right\}$$

et, pour l petit : $q = a\,\dfrac{(T_0 - t)\,l}{650}\left(1 - \dfrac{a\,l}{2\,m\,c}\right)$.

La loi que nous avons donnée ci-dessus est donc remarquablement confirmée par l'expérience.

Dans les premières parties du tube, le rayonnement du foyer altérera toujours fortement les résultats.

L'équation . $\frac{q}{q_2} = \frac{q_2}{q_3} =$ etc. $= 1,37 = \frac{1}{e^{-A(l-l_1)}}$.

nous permet de déduire que pour l'appareil de Williams

$$\frac{1}{e^{-A.0^m,3}} = 1,37 \text{ . d'où } A = \frac{\log. 1^k,37}{\log. e . 0^m,3} = 1,049$$

et que; $$T - 100° = \frac{T_0 - 100°}{e^{l\,1,0491}} = \frac{T_0 - 100}{10^{l\,0,4561}}$$

équation qui donne la température de la fumée à une distance l^m quelconque du foyer.

Elle nous fournit le tableau suivant, où T_0, la température initiale de la flamme, égale 1000°. En admettant que chaque excès de température de 30° vaporise 1^k d'eau par 1^{m^2} et par heure, nous avons pu inscrire en regard des divers excès de température les quantités approximatives de vapeur qui y correspondent.

T.	l DISTANCE OU EXISTENT LES DIVERSES TEMPÉRATURES.	EXCÈS DE TEMPÉRATURE SUR L'EAU AMBIANTE.	QUANTITÉ VAPORISÉE PAR CES EXCÈS PAR HEURE ET PAR 1^{m^2}.
1000°	0	900°	30^k
900°	$0^m,11$	800°	27^k
800°	$0^m,23$	700°	23^k
700°	$0^m,38$	600°	20^k
600°	$0^m,50$	500°	16^k
500°	$0^m,77$	400°	13^k
400°	$1^m,05$	300°	10^k
300°	$1^m,45$	200°	$6^k,6$

On voit avec quelle rapidité doivent croître les longueurs qui produisent un même refroidissement; si les gaz qui passent avaient été en plus grande masse que dans l'appareil Williams, les accroissements auraient varié moins rapidement et auraient été plus considérables.

CONCLUSION. — 1° *Quand la surface de chauffe croît en progression arithmétique, la quantité totale de vapeur produite croît suivant une fonction d'une progression géométrique*

$$q = \frac{m.c.}{650}(T_0 - t)\left(\frac{e^{\frac{al}{mc}} - 1}{e^{\frac{al}{mc}}}\right).$$

Cette quantité croît de moins en moins vite, et ce n'est que par une surface de chauffe infinie que toute la chaleur sera soutirée au gaz.

Le rapport entre les quantités vaporisées par des longueurs égales consécutives est constant et d'autant plus voisin de l'unité que la masse de la flamme est plus grande.

2° *Pour qu'il y ait économie, les portions les plus froides de la chauffe doivent débiter au moins par mètre carré et par heure une quantité* A *de vapeur égale à :*

$$A = \frac{1}{15P}\left[7\left(1{,}8n\frac{\Sigma(SD)}{\Sigma(S)} + 3\right) + 10 \text{ à } 20\right]$$

P étant le prix en centimes de 1 kilog. de charbon,
n le nombre d'atmosphères,
S la surface ayant le diamètre D.

NOTICE

SUR UNE

MACHINE A SCIER LES ROCHES TENDRES

EMPLOYÉE AUX CARRIÈRES DE PYRIMONT (SAVOIE),

PAR

A[te] LEBRUN ET CH. DEMANET,

ÉLÈVES INGÉNIEURS DES MINES.

On rencontre en Savoie, le long du Rhône, et principalement à Pyrimont, près des frontières de la Suisse, un gisement très-puissant de calcaire grossier qui est généralement employé comme pierre de construction dans le midi de la France. Ce calcaire, d'après les géologues du pays, appartient au système néocomien, et correspondrait à l'Aachenien de Dumont. Il est tendre, à grains moyens ; sa couleur est blanche, et à mesure qu'il perd son eau de carrière par l'exposition à l'air, il devient de plus en plus dur. Ce gisement se trouve au niveau du Rhône et forme une couche horizontale de 6 à 7 mètres de puissance, recouverte par d'autres terrains sur une hauteur de 40 à 45 mètres environ.

Cette roche s'exploite par grandes chambres qui atteignent quelquefois des dimensions considérables, de 25 à 30 mètres de côté.

Anciennement, pour exploiter ce calcaire, on agissait à la manière ordinaire en détachant de gros blocs irréguliers, un à un, au moyen de coins et de leviers ; mais il en résultait évidemment un très-grand déchet. Aujourd'hui on est parvenu à remplacer le travail de l'homme par celui de la vapeur et l'on fait usage à cet effet d'une machine très-ingénieuse, qui scie la roche en gros parallélipipèdes réguliers. Cette méthode offre beaucoup d'avantages : le déchet est pour ainsi dire nul et l'on

obtient des blocs d'une très-grande régularité, pouvant être immédiatement employés dans les constructions.

La machine est fort simple; elle se compose d'une scie sans fin formée d'une chaîne à la Vaucanson, munie de cinq dents ou rabots R, R, (fig. 1 et 3, pl. 4), qui viennent l'un après l'autre gratter contre la roche et pratiquent ainsi des rainures verticales d'environ 1 mètre de profondeur et de $0^{m},03$ de largeur. La chaîne s'enroule autour de deux poulies maintenues solidement dans un plan vertical; la poulie supérieure reçoit un mouvement de rotation au moyen d'un petit cylindre oscillant; le mouvement est régularisé par un volant. Le tout est monté sur un chariot en fonte placé sur des rails; il peut avancer de lui-même au moyen du mécanisme suivant: une vis sans fin, recevant un mouvement de rotation par l'arbre de la poulie supérieure, agit, au moyen d'un pignon, sur une crémaillère horizontale placée sur le sol entre les rails.

Pour installer une de ces machines, on place une certaine longueur de rails parallèlement et à côté de la rainure que l'on veut pratiquer. La crémaillère s'adapte au milieu au moyen de broches fixées aux billes. A mesure que le chariot quitte une paire de rails, on enlève celle-ci et on la reporte en avant avec la portion de crémaillère correspondante.

L'avancement du chariot peut être facilement modifié en changeant les dimensions relatives des poulies; il est, du reste, en rapport avec la dureté de la pierre que l'on veut découper. A Pyrimont, sa vitesse varie de $1^{m},50$ à $2^{m},00$ par heure.

Cette machine ne pratique que des rainures verticales; quand donc un bloc est dégagé sur ses quatre faces, il faut encore le détacher à la partie inférieure au moyen de coins et de leviers.

Voici la manière dont on dispose le chantier dans une exploitation de ce genre: la carrière est exploitée par gradins ayant un mètre environ de hauteur; sur chacun de ces gradins est installée une de ces petites machines. Quant à la partie supérieure *a b* (fig. 4), elle doit nécessairement être abattue à la manière ordinaire, sans le secours des machines. Tous les gradins avancent successivement en même temps que ce crabotage supérieur.

Chaque gradin est d'abord divisé par des rainures longitudinales qui ont la longueur du chantier et espacées chacune de un mètre environ; puis par d'autres rainures transversales dont la longueur est égale à la largeur du gradin et espacées de deux à trois mètres. Il ne reste plus alors qu'à détacher successivement chacun des blocs avec des leviers, ainsi que nous l'avons déjà dit. On obtient donc de la sorte des pierres ayant environ $0^m,95$ de hauteur, $1^m,00$ de largeur, et $2^m,00$ à $3^m,00$ de longueur.

Ce système a été trouvé si avantageux à Pyrimont qu'on fait actuellement des essais sur une machine construite d'après les mêmes principes, mais pouvant scier horizontalement, ce qui permettrait de supprimer entièrement le travail d'homme.

LÉGENDE DE LA PLANCHE.

Figures 1 et 2. *A*. Chaîne à la Vaucanson s'enroulant autour des deux poulies P P'. La figure 3 montre le détail de la chaîne et de la poulie supérieure.

R. R. 5 dents ou *rabots* adaptés sur la chaîne et servant à creuser les rainures.

C. Cylindre oscillant agissant par l'intermédiaire d'un arbre coudé B sur la poulie P.

V. Volant.

P''. Poulie transmettant son mouvement de rotation à l'aide d'une courroie à une autre poulie P'''.

L. Vis sans fin fixée sur le même arbre que P'''.

M. Pignon transmettant son mouvement à un second pignon D engrenant avec la crémaillère K.

Q Q'. Plaques en tôle maintenant les deux poulies P P' dans un plan vertical.

G H. Rainure creusée par la scie.

S T. Surface du banc à exploiter, sur laquelle reposent les rails *r*, *r*.

Figure 4. Disposition d'un chantier.

Liége, le 17 janvier 1862.

BREVET D'INVENTION

POUR DES

PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS AU TRAITEMENT DES MINERAIS DE FER DANS LES HAUTS-FOURNEAUX,

PAR

MM. EUGÈNE BOULANGER ET JULES DULAIT.

Jusque maintenant, le traitement des minerais riches a présenté des inconvénients tels, que l'on avait renoncé à les traiter purs. On les associait à des minerais pauvres, de façon à former un lit de fusion rendant en poids au plus trente-cinq pour cent de fonte.

Dès l'instant où cette proportion était dépassée, le fourneau présentait une allure chaude ou sèche, accompagnée de la formation de laitiers poreux et les parties inférieures du fourneau, même celles formant le milieu de la cuve, se corrodaient au point que la durée d'une campagne était assez restreinte.

En Belgique, les minerais présentant ces inconvénients sont : l'oligiste, les carbonates de fer crus ou grillés et les minerais riches de la Campine et des Flandres.

Les difficultés rencontrées, surtout dans le traitement de l'oligiste, ont fixé l'attention de la Société des anciens élèves sortis de l'École de Liége, au point que cette Société a mis au concours la question suivante, restée irrésolue depuis près de deux ans : « Faire connaître le traitement du minerai oligiste ; les raisons » qui s'opposent à son emploi dans une proportion plus forte » que celle qui est généralement usitée aujourd'hui et les per- » fectionnements que l'on peut y apporter. »

Le but du présent brevet est donc la résolution de cette question à laquelle se trouve liée celle du traitement des minerais riches, soit carbonate de fer grillé ou non, soit des minerais de Campine ou des Flandres, quand le traitement de ces minerais aura lieu dans les circonstances qui seront énoncées plus bas.

Jusque maintenant, on a partagé les minerais en mines froides et en mines chaudes. La pratique, sans se rendre compte du motif de ces dénominations, avait cependant reconnu qu'au fourneau, les minerais froids exigeaient plus de coke pour leur traitement et qu'ils donnaient souvent des laitiers chargés de fer, tandis que les minerais chauds, tout en exigeant moins de coke, donnaient des laitiers moins ferreux.

La raison des différences observées réside, selon nous, dans la facilité de réduction présentée par ces deux espèces de minerais. Les mines chaudes comprennent celles dont la réduction peut être complète avant qu'elles n'atteignent une zône du fourneau jouissant d'une température assez élevée pour scorifier l'oxyde de fer non réduit par l'oxyde de carbone. Ce sont généralement les mines argilo-calcaires d'une richesse de moins de 35 %.

Les mines froides comprennent :

1° Les minerais siliceux où la totalité, ou une partie de la silice, est à l'état libre. Dès l'instant où ces minerais arrivent non réduits à une zône fortement échauffée du fourneau, la silicatisation de l'oxyde de fer non réduit s'exécute.

2° Les minerais trop compacts. Cette propriété s'opposant à ce que les gaz réducteurs puissent facilement exercer leur action jusqu'au centre des fragments de la mine, il arrive alors, lorsque ces minerais atteignent une zône assez fortement échauffée, que la transformation en protoxyde s'effectue rapidement, sous l'influence de la gangue.

3° Les minerais trop riches, la quantité de laitiers formée au creuset devant être en rapport avec la quantité de gangue que la mine contient. Dès l'instant où la quantité de laitier formé n'est pas en quantité suffisante pour partager convenablement au creuset, avec la fonte et les gaz provenant de la combustion du carbone, le calorique qui y est produit, les gaz s'échappent

des parties basses du fourneau avec une température telle que le haut de la cuve prend une élévation de température qui donne lieu à la scorification des minerais. Les minerais riches, ayant toujours une certaine compacité, présentent en plus l'inconvénient attaché au n° 2.

4° Les minerais carbonatés. La décomposition des carbonates exige, comme on sait, une certaine température et donne lieu à une absorption de calorique provenant de ce que l'acide carbonique se dégage du minerai en passant à l'état de gaz. Ces minerais ne peuvent donc commencer leur réduction qu'après que l'acide carbonique se soit dégagé à l'aide d'une température déjà assez haute. Après le départ de leur acide, ils atteignent de suite une zône qui favorise la formation de silicate ferreux. De plus, ces minerais, qui ne présentaient qu'une richesse de 30 à 35 % avant le grillage, arrivent, après l'élimination de l'acide carbonique, à donner une matière grillée contenant 45 à 50 % de fer et présentant les inconvénients attachés aux mines trop riches.

Pourquoi maintenant, selon que la réduction est, ou non, accompagnée de formation de silicate ferreux, distingue-t-on les minerais en mines froides et en mines chaudes? La raison en est simple. C'est que le silicate ferreux, une fois produit, n'est plus réductible qu'avec grande consommation de combustible et que, par kilog. de fonte provenant de la réduction de ce silicate, il doit se faire une consommation de $0^k,78$ de carbone en plus que si cette quantité de fonte provenait de la réduction de l'oxyde de fer par l'oxyde carbonique.

Jusque maintenant, les minerais riches avaient été traités avec des proportions de coke telles que, malgré l'insuffisance de laitier, la quantité de carbone consommé était suffisante pour compenser l'absorption du calorique résultant de la réduction du silicate de fer formé. On n'obtenait, dans ce cas, que des fontes plus ou moins blanches, le minerai ne rendait pas tout le fer qu'il contenait et il y avait production de laitier ferreux, avec grande consommation de coke.

Le moyen que nous proposons pour obvier à ces inconvénients, consiste à proportionner la quantité de coke à con-

sommer avec la quantité de laitier à produire, de façon à ce qu'au creuset la quantité de chaleur développée puisse se partager convenablement entre la fonte et le laitier, d'une part, et les gaz de l'autre, pour que les deux premiers sortent du fourneau à la température qui leur convient et que les gaz ne jouissent pas d'une température assez élevée pour scorifier au haut de la cuve l'oxyde de fer du minerai. Cette partie du fourneau jouira alors d'une température assez faible pour que des minerais compacts ne s'y scorifient pas, quand on aura eu soin de les charger au fourneau en menus fragments.

Au moyen d'expériences faites sur le laitier et la fonte sortant du fourneau, nous sommes arrivés à constater :

1° Qu'en affinage, un gramme fonte possède, au sortir du fourneau, 309 calories. Que dans la même circonstance, un gramme laitier en possède 433. De plus, que le total de calories enlevées au fourneau par 100 kilog. fonte et le laitier qui y correspond, forme les 50 % du nombre de calories développé par le carbone du combustible consommé pour fabriquer ce poids de métal.

2° Qu'en moulage en n^{os} supérieurs, un gramme fonte enlève 337 calories, un gramme laitier 492, et que le calorique enlevé par 100 kil. fonte et par le laitier qui y correspond forme les 45 % du nombre de calories développé par le combustible, c'est-à-dire par le carbone passant à l'état d'oxyde.

En admettant que un gramme de coke renferme 0^{gr},82 carbone et 13 % cendres, on trouve que cette quantité de combustible peut dégager, en se transformant en laitier et en oxyde de carbone, une quantité de 1,950 calories, chiffre qui représente assez bien l'effet utile d'un coke contenant 13 % cendres et 5 % matières volatiles.

Cela dit, cherchons, d'après la quantité de laitier formé par des minerais de différentes richesses, les quantités de coke à consommer, soit dans la fabrication de la fonte de moulage, soit dans celle de l'affinage.

D'après les richesses suivantes de minerais et en ne tenant compte que du laitier provenant des gangues auxquelles on a fait une addition de chaux sous forme de castine, c'est-à-dire

abstraction faite du laitier provenant des cendres du combustible, on trouve que pour des minerais rendant en fer

25 °/₀ 30 °/₀ 35 °/₀ 40 °/₀ 45 °/₀ 50 °/₀

il se forme par kilog. fonte les quantités suivantes de laitier

3^{k},10 2^{k},25 1^{k},60 1^{k},15 0^{k},80 0^{k},50.

Il est facile de saisir que les quantités de chaleur à prendre dans ces divers cas de richesse, par la fonte et le laitier, sont pour les fabrications de :

Affinage.

Richesse.	Fonte.	Laitier.	Calories par 1^{gr} de fonte fabriquée.
25 °/₀	1^{gr}, × 309 +	3^{gr},10 × 433 =	1651 calories.
30 °/₀	1 × 309 +	2 ,25 × 433 =	1283 »
35 °/₀	1 × 309 +	1 ,60 × 433 =	1001 »
40 °/₀	1 × 309 +	1 ,15 × 433 =	807 »
45 °/₀	1 × 309 +	0 ,80 × 433 =	655 »
50 °/₀	1 × 309 +	0 ,50 × 433 =	525 »

Moulage.

Richesse.	Fonte.	Laitier.	Calories par gramme de fonte fabriquée.
25 °/₀	1 × 337 +	3,10 × 492 =	1862 calories.
30 °/₀	1 × 337 +	2,25 × 492 =	1444 »
35 °/₀	1 × 337 +	1,60 × 492 =	1124 »
40 °/₀	1 × 337 +	1,15 × 492 =	903 »
45 °/₀	1 × 337 +	0,80 × 492 =	730 »
50 °/₀	1 × 337 +	0,50 × 492 =	583 »

Au moyen de ces données, sachant qu'en affinage les gaz s'échappant du creuset doivent emporter, pour préparer la charge, les 50 °/₀ du calorique produit ; qu'en moulage la quantité ainsi emportée forme les 55 °/₀; il nous sera facile de voir quelle est la quantité de coke à consommer.

Affinage.

Richesse.	Calorique à produire.	Quantité de coke correspondante.
25 °/₀	3302	1k,69
30 °/₀	2566	1 ,31
35 °/₀	2002	1 ,02
40 °/₀	1614	0 ,83
45 °/₀	1310	0 ,67
50 °/₀	1050	0 ,54

Moulage.

Richesse.	Calorique à produire.	Quantité de coke correspondante.
25 °/₀	4360	2k,23
30 °/₀	3209	1 ,64
35 °/₀	2498	1 ,28
40 °/₀	2007	1 ,03
45 °/₀	1622	0 ,83
50 °/₀	1295	0 ,66

Selon les richesses suivantes, on commencera donc par 100 kilog. de fonte.

	25 °/₀	30 °/₀	35 °/₀	40 °/₀	45 °/₀	50 °/₀	
Affinage,	169k	131	102	83	67	54	de coke.
Moulage,	223k	164	128	103	83	66	»

Il est à remarquer que ces chiffres ne présentent une exactitude rigoureuse que pour autant que l'on n'ait qu'à parer aux inconvénients de la richesse du minerai. Pour des richesses de plus de 35 °/₀ et en affinage, il arrivera que ces chiffres devront être majorés pour des minerais absolument trop compacts ou carbonatés, afin d'obtenir au haut de la cuve une chaleur assez forte pour ne pas laisser arriver du minerai non réduit dans les parties inférieures du fourneau. Il en sera de même en moulage, parce que la proportion d'oxyde de carbone nécessaire à la réduction du minerai, et qui varie avec la proportion de coke consommé par 100 kilog. de fonte, ne se trouvant plus en aussi grande quantité qu'avant, il s'en

suivra une certaine lenteur de réduction que l'on ne pourra corriger qu'en consommant un peu plus de coke, ou en restreignant le chiffre de la production au point de ne plus consommer au fourneau qu'une quantité journalière de combustible, moindre que celle que l'on consommait jadis. S'il n'en était pas ainsi, on arriverait à produire par jour et pour une consommation de coke de 28,000 kilog. les quantités suivantes de fontes :

Richesse.	Production affinage.	Production moulage.
25 °/₀	16,500 kilog.	12,600 kilog.
30 °/₀	21,300 »	17,000 »
35 °/₀	27,400 »	21,900 »
40 °/₀	33,700 »	27,100 »
45 °/₀	41,700 »	33,700 »
50 °/₀	51,800 »	42,400 »

Comme le temps est un élément avec lequel il faut compter dans la réalisation d'une réduction convenable, il est facile de prévoir que les quantités de fonte à obtenir quotidiennement, au moyen de minerais d'un rendement supérieur à 40 °/₀, seront limitées à des chiffres inférieurs à ceux relatés au tableau précédent. Quoi qu'il en soit, la production que l'on obtiendra sera toujours assez supérieure à celle que l'on a aujourd'hui avec des minerais d'un rendement faible, pour que la répartition de certains frais, ayant lieu sur une production plus grande, amène une réduction assez forte sur le prix de revient.

Nous réclamons donc le bénéfice du brevet pour des lits de fusion rendant plus de 35 °/₀ que les minerais riches, soit employés séparément, soit combinés deux à deux, ou les trois espèces à la fois, et mélangés ou non à des minerais plus pauvres, ou à des matières capables de former du laitier, dès que la consommation du coke sera :

1° En dessous de 100 kilog. de ce combustible par 100 kilog. de fonte d'affinage.

2° En dessous de 125 kilog. par 100 kilog. de fonte de moulage en numéros supérieurs 1, 2 et 3.

3° En dessous de 115 kilog. par 100 kilog. de fonte de moulage en numéros inférieurs 4 et 5.

Ces consommations ont toujours été dépassées, soit en traitant des lits de fusion d'une richesse inférieure à 35 °/₀ parce que la quantité de laitier formée était trop considérable, soit en traitant des oligistes et des carbonates crus ou grillés, faiblement mélangés de mines pauvres ou de matières susceptibles de donner du laitier, parce que, à cause de la trop grande quantité de coke employée, la réduction de ces minerais était accompagnée de silicatisation et que pour la réduction de un kilog. du silicate de fer formé, il avait fallu une majoration de consommation de combustible de 0^k,78 carbone, soit 1 kilog. de coke pour fabriquer la même fonte qu'avec des minerais d'une richesse de 30 à 35 °/₀.

Quand on traitera un lit de fusion composé exclusivement d'oligiste, carbonates crus ou grillés, ou de minerais siliceux riches de la Campine ou des Flandres, soit qu'un seul de ces minerais forme le lit de fusion, soit que ces minerais soient combinés deux à deux, ou les trois espèces à la fois, nous demandons qu'il nous soit accordé le bénéfice d'employer, comme faisant partie du brevet, une certaine quantité de laitier de haut-fourneau, afin d'arriver à former la quantité de laitier en rapport avec la quantité de combustible que l'on jugera convenable de consommer par 100 kilog. de fonte, alors que par cette addition on parvient à former un lit de fusion qui, composé de mines riches, de castine et de laitier, rende en poids au fourneau et par 100 kilog. fonte moins de 190 kilog. de laitier.

Jusque maintenant, en vue de traiter les minerais riches avec des consommations ordinaires de coke, on employait soit des additions d'argile, soit de schiste houiller, matières que l'on ne pouvait pas se procurer partout, qui de plus nécessitaient certaines dépenses et ensuite exigeaient pour leur transformation en laitier, une certaine quantité de castine.

Le laitier ne coûte rien, n'a besoin d'aucune addition et est une matière que chaque fourneau a toujours à sa disposition. Son emploi régulier au lit de fusion composé de minerais riches n'avait jamais eu lieu.

Au moyen des quantités de coke correspondant à la quantité de laitier formé, l'on évitera que la chaleur, se portant au haut de la cuve, n'aille contrarier la réduction en silicatisant une partie du fer contenu dans des minerais qui, quoique riches, sont par cela même assez compacts, et s'ils sont à gangue siliceuse, l'action de cette gangue ne pourra plus s'exercer avec la même intensité. Les minerais présenteront donc souvent leur maximum industriel de rendement (1), tout en n'exigeant pour leur conversion en fonte qu'une quantité de combustible inférieure à celle nécessitée jusqu'aujourd'hui. De plus, la fabrication de la fonte d'affinage ne présentant de différence de cémentation de fer, sur la fabrication de la fonte de moulage, qu'en ce que cette dernière s'obtient par une allure de fourneau telle qu'il y a absence dans la cuve de formation de silicate ferreux, corps qui, par sa réduction au creuset et sous l'action de la chaux, laisse dégager de l'oxidule de fer qui agit comme décarburant, il arrivera que, par ce traitement, les minerais riches seront aptes à la production des fontes grises, chose reconnue à peu près impossible jusqu'à ce jour.

Comme la fabrication de l'affinage comporte au creuset la réduction d'une certaine quantité de silicate ferreux, silicate dont la production au fourneau et au moyen des minerais cause une perte de rendement de ceux-ci, nous demandons, en vue de fabriquer de la fonte d'affinage convenable, tout en laissant au minerai la faculté de se réduire complètement, sans qu'il y ait formation de silicate de fer, que nous puissions jouir du bénéfice d'ajouter au lit de fusion composé de mines riches, oligiste, carbonates ou mines siliceuses de Flandre ou de Campine, traitées séparément, combinées deux à deux ou les trois à la fois, mêlées soit à des minerais pauvres, soit à des

(1) Les richesses des trois espèces de mines citées plus haut sont : pour l'oligiste de 40 à 55 %; pour le carbonate grillé de 40 à 50 %; pour les minerais riches de Campine et des Flandres, de 40 à 53 %; pour le carbonate crû de 31 à 35 %, mais alors la quantité de gangue qu'ils contiennent est loin d'atteindre la proportion que l'on rencontre dans les minerais hydratés de même rendement.

matières capables de former du laitier ou à du laitier tout formé, une certaine quantité de scories de fours à puddler, scories difficilement réductibles dans la cuve du fourneau et qui, arrivant au creuset, fera l'office d'agent décarburant.

Comme, par suite du peu de combustible à employer pour le traitement des minerais riches et du faible volume de ceux-ci relativement à la quantité de fonte qu'ils renferment, il arrivera qu'un fourneau ayant une capacité ordinaire de cuve, se trouvera apte à contenir le lit de fusion d'une plus grande quantité de fonte; qu'ainsi la cuve pourrait présenter soit une trop grande hauteur, soit une trop grande capacité; que par là, en mettant trop de matières à préparer au contact des gaz, ceux-ci finiraient par s'échapper, trop complètement dépourvus de chaleur, de façon à ne plus offrir qu'une évaporation trop lente de l'eau du lit de fusion; que, pour éviter que cette eau ne se condense dans les parties supérieures de la cuve, il conviendrait de diminuer la hauteur ou de restreindre le volume de cette partie du fourneau; nous demandons que dans le traitement des minerais riches à l'aide des données précédentes, il nous soit accordé le bénéfice de diminuer la hauteur des fourneaux et de restreindre la capacité de leur cuve.

En résumé, nous demandons donc de pouvoir jouir du bénéfice du brevet.

1° Dans le traitement des lits de fusion composés d'une seule ou de plusieurs des trois espèces de minerais relatés plus haut, alors que l'on combinera les quantités de coke à consommer d'après la richesse des lits de fusion composés de minerais rendant plus de 35 °/₀, alors que la quantité de coke consommée sera dans les proportions indiquées à la page 62, selon que l'on marchera en fonte de moulage ou d'affinage et soit que l'on ajoute à ces minerais du laitier ou des matières capables d'en former, de manière à ramener par 100 kilog. de fonte une proportion de laitier inférieure à 190 kil.

2° Pour l'addition au lit de fusion d'une certaine quantité de laitier de haut-fourneau, soit au bois, soit au coke; et pour arriver par ce moyen à traiter les minerais riches à l'aide d'une quantité quelconque de combustible.

3° Pour l'addition des scories de fours à puddler, non au point de vue du traitement des scories, mais sous celui de fabriquer une fonte d'affinage, au moyen d'une allure de fourneau telle, qu'au lieu de produire cette fonte par une mauvaise réduction de minerais, réduction entraînant une perte de rendement, on arrive à retirer du minerai le plus de fer possible, tout en parvenant à avoir une fonte d'affinage produite par l'action de ces scories sur la fonte plus ou moins grise obtenue par cette allure. Cette troisième partie du brevet pouvant s'appliquer tout aussi bien au traitement des minerais pauvres qu'à celui des minerais riches, dès l'instant où cette addition ne serait assez considérable que pour avoir pour but le traitement des scories et qu'elle se bornerait à mélanger par quantité de lit de fusion propre à donner, par 100 kilog. de fonte, une quantité de scories de moins de 40 kilog., chiffre à peu près reconnu nécessaire pour donner au creuset la quantité d'oxydule de fer voulue pour la décarburation de la fonte ; ces scories seraient ajoutées en fragments les plus volumineux possible pour empêcher leur réduction partielle dans la cuve.

4° Pour la réduction de la hauteur de la cuve, soit de la capacité ou du volume de cette partie du fourneau, dans le traitement des minerais riches à l'aide des données relatées précédemment.

Charleroi, le 29 février 1860.

ÉCLAIRAGE AU GAZ.

PARALLÈLE AVEC LES AUTRES MOYENS D'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL.

DISCUSSION DES PERFECTIONNEMENTS,

PAR

SAMUEL HUGHES,

INGÉNIEUR CIVIL, F. G. S.

L'éclairage au gaz n'est connu que depuis un demi-siècle et déjà il est devenu aussi indispensable aux peuples civilisés que le feu et l'eau.

La consommation de gaz d'éclairage augmente dans une proportion beaucoup plus forte que la population ; celle-ci, en Angleterre, se double à peine au bout de trente ans, tandis que la consommation de gaz s'est doublée en dix ans dans un grand nombre de villes.

Cette progression rapide s'explique par la supériorité du gaz sur tous les autres moyens d'éclairage, sous les rapports du prix, du pouvoir éclairant, et de la facilité d'entretien. Ainsi aujourd'hui on peut se procurer à Londres, pour vingt-cinq francs, autant et de plus belle lumière qu'autrefois pour 125 à 500 fr., selon que l'on employait le suif, l'huile, la cire ou le blanc de baleine. Et en Écosse, où le pouvoir éclairant du gaz est bien supérieur, on se procure, pour moitié prix, autant de lumière qu'à Londres. Ce sont là des résultats économiques que tout le monde comprend et apprécie.

Ajoutons que l'on épure aujourd'hui le gaz avec un tel succès qu'on peut l'employer même dans les salons et les appartements les plus riches des hôtels les plus élégants ; bientôt même on ne craindra pas de l'employer dans les chambres à coucher, comme cela se pratique en Écosse, qui a toujours été la contrée la plus avancée dans ce genre d'industrie.

ÉCLAIRAGE AU GAZ DE LA VOIRIE PUBLIQUE.

L'histoire de l'éclairage des rues est assez curieuse. Dans les premiers temps les administrations et leurs habiles conseils exigeaient que la lumière des lanternes à gaz fût au moins égale à celle des anciennes lampes à l'huile. Cette condition, qui n'était guère difficile à remplir, resta cependant la seule exigée pendant quelques années. Les administrations laissaient aussi aux Compagnies le soin d'allumer et d'éteindre les lanternes, ce qui entraînait celui de les nettoyer et réparer.

Nos compatriotes d'Outre-Tweed ont toujours eu la vue trop longue pour se laisser entraîner dans une semblable erreur. Aussi en Ecosse, les autorités locales ne demandent aux Compagnies que l'engagement de fournir une quantité de gaz aux lanternes publiques ; elles se réservent le droit de les allumer et éteindre. C'est aussi ce que l'on rencontre dans quelques villes du Lancashire et du Yorkshire, et c'est ce qui devrait être partout ; car la pratique contraire est absurde, comme nous le montrerons plus loin.

Dans les premiers temps donc, les Compagnies n'étaient que trop heureuses de pouvoir bouleverser à leur guise le sol des rues et fournissaient le gaz aux lanternes publiques à n'importe quel prix. Il est évident qu'elles s'imposaient des sacrifices, puisque alors elles fournissaient l'éclairage public au même prix qu'aujourd'hui, tandis que le mètre cube, qui coûtait alors au consommateur privé fr. 0,67, ne coûte plus que fr. 0,18.

Les premiers becs brûleurs n'étaient probablement pas aussi grands que ceux d'aujourd'hui, et au lieu des becs actuels en éventail, consommant 142 litres à l'heure, on ne faisait usage que des becs en ergot ne consommant que 85 litres. Même à ce

dernier chiffre, la consommation annuelle de chaque bec, du coucher au lever du soleil, était de 368^{m3}, de sorte que, déduction des frais d'allumage, de nettoyage et autres, l'éclairage public au gaz était fourni à raison de 26 c^{es} 1/2, tandis que les particuliers le payaient 66 c^{es} 1/2.

En tenant compte des conditions où se trouvaient les usines à gaz il y a quarante ans, les Compagnies ne pouvaient pas sans perte livrer le mètre cube de gaz à 26 c^{es} 1/2 et cependant on n'en voit aucune qui ait refusé de signer un engagement de fourniture à ce prix.

Je suis loin de vouloir justifier pour l'éclairage une pareille diminution des trois cinquièmes sur le prix payé par la consommation privée, mais je crois que les administrations communales ont droit à une réduction notable qu'on peut évaluer à 25 pour cent. Ce droit se justifie par l'importance de la consommation, les garanties de payement, l'économie des frais qui résultent du règlement de nombreux petits comptes, la nature du service qui est payé par tous les contribuables, et enfin comme une compensation de l'autorisation concédée aux Compagnies de bouleverser le sol des rues.

Ajoutons encore qu'il arrive fréquemment que les usines à gaz accordent une réduction égale et même plus grande à d'autres consommateurs qui, malgré le chiffre élevé de leur consommation, sont loin de présenter les mêmes conditions.

BASES DES CONTRATS POUR L'ÉCLAIRAGE PUBLIC.

On peut les classer comme suit :

I. Les Compagnies se chargent de fournir le gaz, d'allumer et d'éteindre les lanternes et de les réparer à raison d'un prix déterminé par bec et par année. Telle est la base des contrats à Londres et dans la plus grande partie de l'Angleterre, excepté dans les comtés de Lancaster et d'York, où l'éclairage public se paie en raison de la quantité de gaz fournie ou du nombre d'heures pendant lesquelles les becs ont été allumés.

Cette classe de contrats se subdivise en deux genres selon que les lampes appartiennent :

a. Aux Compagnies.

b. A l'administration locale.

Lorsque les lampes appartiennent à la Compagnie, le prix se calcule d'après trois éléments, comme suit :

1° On détermine la quantité de gaz à fournir par année en multipliant le nombre d'heures d'éclairage par la consommation par heure, puis on admet par mille pieds cubes (28^{m3},31) un prix inférieur à celui que paie le consommateur privé le plus favorisé.

2° On évalue les frais pour allumer et éteindre les lampes, réparer les appareils et peindre les poteaux.

3° On estime l'annuité nécessaire pour l'amortissement du prix des lampes et des poteaux.

On est loin d'avoir des résultats même approchés sur la quantité de gaz consommée par l'éclairage public. Prenons comme exemple Londres, où les contrats stipulent en général que la consommation, par heure, doit être de 142 litres.

D'abord, il s'en faut que les brûleurs soient tous identiques, et même si cette condition pouvait être réalisée, on aurait encore les variations de pression dans les maîtresses-conduites. Cette pression est généralement maxima au moment de l'allumage et diminue le reste de la nuit. Enfin, selon les lieux, elle varie de 6 à 9 cent. de hauteur d'eau et pour la moindre de ces pressions, la dépense de gaz par les brûleurs ordinaires est déjà supérieure à 142 litres. En hiver, la pression initiale se maintient jusque vers sept heures et elle diminue alors de 5 à 7^{mm}; des diminutions successives ont lieu à 10 et à 11 heures d'environ un centimètre chacune, à minuit et à 1 heure du matin de 1 1/2 centimètre, ce qui réduit la pression restante à environ deux centimètres et demi, valeur qu'elle conserve jusqu'au lever du soleil, moment où l'on éteint les lampes.

Ces chiffres s'appliquent au quartier de Westminster, éclairé par la *Chartered Gas Company*, *Horseferry-road*. C'est dans ma propre habitation, 14, Park Street, que j'ai mesuré les pressions au moyen d'un manomètre écrivant, pendant la dernière quinzaine d'octobre 1860.

Voici les résultats que j'ai obtenus :

A	5 h. du soir,	la pression	moyenne	était	de	78mm	,23
»	5 1/2	»	»	»	»	97	,79
»	6	»	»	»	»	84	,33
»	7	»	»	»	»	74	,17
»	8	»	»	»	»	71	,88
»	9	»	»	»	»	72	,13
»	10	»	»	»	»	61	,23
»	11	»	»	»	»	51	,81
»	12	»	»	»	»	36	,32
»	1	matin	»	»	»	22	,10
»	2	»	»	»	»	22	,61
»	3	»	»	»	»	23	,11
»	4	»	»	»	»	22	,86
»	5	»	»	»	»	22	,86
»	6	»	»	»	»	22	,61
»	6 1/2	»	»	»	»	23	,88
				Le total. . .		787	,92

divisé par 16, donne une moyenne de 49mm,25.

Ces pressions sont beaucoup plus fortes que celles qui étaient données durant l'hiver précédent, et il est probable qu'avec les robinets complètement ouverts et avec cette pression de 5 cent. la consommation de gaz eut été conforme à celle exigée par le contrat.

Dans le district de Westminster le contrat exige qu'il soit fourni aux lanternes 71 litres de gaz de cannel coal par heure, représentant une lumière de 10 bougies. Mais en général les robinets ne sont pas entièrement ouverts; l'allumeur tourne la clef jusqu'à ce qu'il lui semble que la flamme ait pris un développement suffisant. Comme cet allumeur, qui est chargé de cette fonction importante de régler l'éclairage public, est en général un ouvrier ignorant entièrement les lois de la pression, et par suite incapable de juger ce qu'il adviendra et de la pression et de la flamme quand il aura quitté la lanterne, il en résulte des irrégularités graves. En supposant qu'au moment où il règle la flamme la pression est celle qui convient pour fournir la quantité de gaz voulue par le contrat,

comme la pression diminue pendant la nuit, la consommation de la nuit sera en total inférieure à celle qui est due.

Si les robinets sont ouverts, dès le commencement de la nuit, de façon à fournir une dépense de 71 litres à l'heure, et si nous admettons que la dépense varie en raison directe de la racine carrée de la pression, nous trouverons la consommation moyenne pendant la nuit par la proportion suivante :

$$\sqrt{78,23} : \sqrt{50} = 71 : 56,72$$

soit 20 °/₀ de moins que la quantité voulue. Il est cependant plus exact de calculer la dépense en raison de la puissance 0,7 de la pression comme suit :

$$78,23^{0,7} : 50^{0,7} = 71 : 50,97$$

soit 26 °/₀ de moins que la quantité voulue.

Mais il est plus équitable de s'en rapporter aux expériences qui ont été faites en 1858 dans les différentes paroisses de la métropole. On a mesuré à chaque heure de la nuit la pression au brûleur; on a ensuite enlevé le bec de chaque lanterne et la dépense à la pression observée a été mesurée au moyen d'un compteur bien réglé et d'autres appareils convenables.

Voici les résultats de ces expériences dans le district de Westminster :

1. Quartier éclairé par la *Equitable Gaz Company*, établie Wauxhall Bridge road.

La pression dans les maîtresses conduites variait de 43^{mm} à 20^{mm}. La pression au brûleur variait de $25^{mm},4$ à $5^{mm},1$. La consommation par heure au commencement de la nuit variait entre 152 et 150 litres ; après deux heures du matin elle n'était plus que de 59 à 78 litres. La consommation moyenne par année et par lanterne était de $419^{mc},231$ litres au lieu de $624^{mc},8$ qui auraient dû être fournis à raison de 142 litres à l'heure.

2. Quartier éclairé par la *Chartered Gas Company*.

La pression dans les maîtresses conduites variait de $76^{mm},2$ à 13^{mm}; la pression au brûleur de 66^{mm} à $3^{mm},8$. La moyenne prise sur onze lanternes donnait pour la consommation par lanterne et par heure, au commencement de la nuit, $71^{lit},92$; et à 2 heures du matin $29^{lit},45$. La moyenne de la nuit était de

46^{lit},15 par heure au lieu de 71 litres. Chaque lanterne consommait par année 198^{mc},601 au lieu de 311^{mc},465 qu'elle aurait dû brûler d'après les contrats.

3. Hameau de Knightsbridge éclairé par la *Western Gas Company*.

La pression dans les maîtresses-conduites variait de 76^{mm},2 à 20^{mm},3 et la pression au brûleur de 66^{mm} à 7^{mm},62. Au coucher du soleil, la consommation moyenne de quatre lanternes était par lanterne et par heure de 94^{lit},57, mais à deux heures du matin elle n'était plus que de 62^{lit},77. Ces lanternes consommaient par année 357^{mc}, c'est-à-dire 56^{mc} de plus que n'exigeaient les contrats. Ce sont les seules lanternes que l'on ait trouvé faire justice au public.

ÉCLAIRAGE PUBLIC DANS LE DISTRICT DE LAMBETH.

En juin 1858, on a essayé douze lanternes de la *London Gas Company*. La pression variait de 66^{mm} à 12^{mm},7 dans les maîtresses-conduites et de 53^{mm},34 à 5^{mm},08 au brûleur.

La consommation moyenne par lanterne et par heure était, au commencement de la nuit, de 139^{lit},876, et la consommation la moindre pendant la nuit était de 57^{lit},762, c'est-à-dire en dessous de la moitié de la quantité voulue. La consommation moyenne de la nuit était de 91,457 par heure, ce qui donne pour l'année 394^{mc} au lieu de 624^{mc} qui auraient dû être fournis à raison de 142 litres à l'heure.

Dans le district de Lambeth, on a aussi essayé les lanternes de la *Phœnix Company*. La pression dans les maîtresses-conduites variait de 48^{mm},26 à 15^{mm},24; et la pression au brûleur de 43^{mm},18 à 5^{mm},1. Sur dix lanternes, la consommation moyenne par heure et par lanterne, au commencement de la nuit, était de 177^{lit},252 et la consommation moyenne inférieure était de 74^{lit},468. La consommation moyenne de la nuit était de 118^{lit},640. Enfin, la consommation par année et par lanterne donnait de 510^{mc},869.

Le tableau I suivant contient le résumé de ces résultats et de ceux qui ont été fournis par les expériences dans d'autres quartiers :

TABLEAU I

NOM DES PAROISSES OU DISTRICTS.	NOMBRE DES LANTERNES SOUMISES AUX ESSAIS	NOM DE LA COMPAGNIE.	PRESSION MAXIMA AUX MAITRESSES-CONDUITES	PRESSION MINIMA AUX MAITRESSES CONDUITES.	PRESSION MAXIMA AU BRULEUR	PRESSION MINIMA AU BRULEUR.	CONSOMMATION moyenne au commencement de la nuit.	CONSOMMATION MOYENNE INFÉRIEURE.	CONSOMMATION MOYENNE DE LA NUIT.	CONSOMMATION MOYENNE DE L'ANNÉE.
			MILLIMÈTRES.				LITRES.			MÈTRES CUBES.
St-John, Westminster . .	3	Equitable.	43	20	23 4	5,1	131	50	97	419,232
St-Margaret, id. . .	11 *	Chartered.	76	13	66	3,8	72	29	46	398,543
Id	4 *	Western	76	20	66	7,6	95	71	83	357.752
Lambeth	12	London.	66	15	53	3,1	140	58	91	394,145
Id.	10	Phœnix.	48	15	51	3,1	177	74	118	510,859
Battersea.	1	London.	51	33,6	13	10	98	76	84	560,755
Id.	1	Wandsworth.	56	30	46	25	156	108	128	530,840
Id	1	Phœnix	46	30	43	25	193	151	165	710,480
Clapham	6	Phœnix.	51	25 4	38	6,3	110	97	100	457,297
Wandsworth	3	Wandsworth.	31	15	30	3 1	109	86	99	425,520
Streatham	2	Phœnix	43	28	58	7,6	141	114	120	523.243
Id.	2	Mitcham.	51	26,7	28	7,6	182	126	147	631,285
Id.	3	South Metrop.	56	33,6	11	6,3	117	84	102	398,002
Newington	12	Phœnix.	51	14	31	3,8	158	78	101	454 749
Id.	7	South Metrop.	63	13	30	5,8	130	30	67	288,813
Chelsea	28	London.	81	14	74	2,5	143	63	99	425,943

* Lanternes éclairées au Cannel coal gaz.

On a depuis fait de nombreuses expériences dans les différents quartiers de la ville; mais comme elles sont actuellement l'objet de discussions avec les Compagnies, je préfère ne tirer d'inductions que de celles qui ont déjà été soumises au Parlement.

Le tableau II donne la consommation moyenne déduite des expériences précédentes qui ont été faites sur 106 lampes et souvent pendant plus d'une semaine.

TABLEAU II.

PAROISSES.	NOMBRE DES LAMPES.	CONSOMMATION PAR LAMPE EN MÈTRES CUBES.	CONSOMMATION DE TOUTES LES LAMPES EN MÈTRES CUBES.
St-John, Westminster .	3	419,232	1257,696
St-Mary, Westminster .	11	397,090	4367,990
Ditto	4	715,464	2861,856
Lambeth	12	394,145	4729,740
Ditto	10	510,859	5108,590
Battersea	1	360,735	360,735
Ditto	1	550,840	550,840
Ditto	1	710,480	710,480
Clapham	6	437,297	2623,782
Wandsworth	3	425.320	1275,960
Streatham.	2	525,243	1050,486
Ditto	2	631,283	1262,566
Ditto	3	398,902	1196,706
Newington	12	434,749	5216,988
Ditto	7	288,813	2021,691
Chelsea	28	425,943	11926,404
	106		46521,508

Consommation moyenne par lanterne et par année, $\frac{46,521,508}{106}$ $= 438^{mc},9$, tandis que la consommation à raison de 142 litres à l'heure devrait être de $609^{mc},3$ ou 39 % de plus. (Voir: *Évidence ou Metropolis Gas Bill*, 1860.)

On voit donc que les Compagnies prélèvent sur Londres une surtaxe excessive, et telle qu'en réalité les administrations locales paient le gaz qui leur est fourni encore plus cher que les particuliers. Le consommateur privé paie à Londres de 18 à 21 centimes le mètre cube de gaz ; il y a quelques cas exceptionnels, mais qui ne valent pas la peine d'être notés ici.

Admettons pour un moment que l'on alloue fr. 16-25 par an et par lanterne pour l'allumer, l'éteindre, l'entretenir, la réparer, etc., quoique nous ferons voir plus loin que cette somme est plus élevée que celle que paient les Compagnies et beaucoup plus élevée que celle que paieraient les administrations locales, si elles voulaient l'entreprendre elles-mêmes. Dès lors, voici comment s'établirait le prix maximum à réclamer à ces administrations, lorsque le consommateur privé paie de 18 à 21 centimes le mètre cube de gaz.

		A ajouter pour l'allumage, etc.	Prix maximum par lampe, par an.
439^{mc} à $0^{f},18$	$79^{f},02$	$16^{f},25$	$95^{f},27$
439 à 0 ,19	83 ,41	16 ,25	99 ,66
439 à 0 ,20	87 ,80	16 ,25	104 ,05
439 à 0 ,21	92 ,19	16 ,25	108 ,44

Adoptons le chiffre de fr. 95,27 comme prix normal de l'éclairage public, lorsque le consommateur privé paie fr. 0,18 et comparons avec ce qui existe dans les quartiers de Londres où le gaz se vend en détail à 0,18.

A la Cité, le prix par lanterne et par an est de $102^{f},50$ à $105^{f},00$
A Mile End old Town. . . . . 110 ,00
A Limehouse . . . . 111 ,25 à 118 ,75
A Poplar . . . . 104 ,65 à 126 ,55
A Clerkenwell . . . . 105 ,00
A Whitechapel . . . . 105 ,00 à 115 ,00

Dans les districts suivants ou dans certains de leurs quartiers, le prix a été réduit à fr. 0,19 depuis la promulgation du ***Metropolis Gas Act***; le prix maximum par an et par lanterne devrait donc être 99f,66.

Mais à	Camberwell, il varie de . .	105f,00 à 125f,00
»	Bermondsey, il est de . . .	100 ,00
»	Lambeth	123 ,12
»	St-George-le-Martyr . . .	100 ,00
»	Ste Mary, Newington . . .	122 ,50

Les districts alimentés par la Phœnix Company, qui a réduit son prix à fr. 0,20 depuis la promulgation de l'acte, ne sont pas plus favorisés. La surtaxe est plus considérable encore là où la consommation privée paie fr. 0,21; le prix varie ici de 112,50 fr. à 137,50, c'est à-dire qu'il est trop élevé de fr. 33,75

On peut comprendre maintenant quelle économie réalisent les villes qui brûlent le gaz au compteur.

Il y a encore une autre économie que le *Metropolis Gas Act* a indiquée aux administrations locales. Avant la promulgation de cet acte ou tout au moins pendant que les Compagnies étaient sous le coup de sa discussion, le titre du gaz à Londres ne dépassait pas 10 bougies de spermacéti; mais depuis la promulgation, les Compagnies sont obligées, sous peine d'être soumises à de sévères amendes, à élever le titre de leurs gaz à 12 bougies.

Les contrats actuels stipulent que les lanternes publiques doivent consommer 142 litres à l'heure; et comme la quantité de gaz requise pour fournir une certaine quantité de lumière est en raison inverse du pouvoir éclairant du gaz, il s'ensuit que l'on a la proportion 12 : 10 = 142 : 118 environ et que 118 litres d'un gaz dont le titre est 12 bougies fournissent la même quantité de lumière que 142 litres de gaz dont le titre est 10 bougies. Il est certain que si l'on prenait les soins nécessaires pour essayer le gaz, 115 litres fourniraient autant de lumière que 142 en fournissent aujourd'hui.

DÉTERMINATION DU PRIX A ALLOUER POUR FAIRE ALLUMER, ÉTEINDRE, NETTOYER, RÉPARER LES LANTERNES ET PEINDRE LES POTEAUX, ETC.

On a calculé qu'un allumeur peut allumer ou éteindre de 100 à 120 lanternes en une heure. Or, les contrats exigent en général que l'on commence à allumer les lanternes une demi heure avant le coucher du soleil et à les éteindre une demi heure avant le lever, et chacune de ces opérations devant durer une heure au plus, on peut donc compter que les lanternes restent allumées pendant tout le temps qui s'écoule entre le coucher et le lever du soleil. Or, comme il suffit d'une heure dans la journée pour nettoyer ces cent lanternes, l'allumeur n'a donc à travailler que trois heures dont une le soir pour allumer et une le matin pour éteindre, plus une heure dans la journée pour les nettoyer. Il n'est pas probable que pour ces trois heures de travail on lui paie une journée entière. D'après cela, voyons ce qu'il en coûte pour ces diverses opérations.

Dans les quartiers où les lanternes sont fort rapprochées les unes des autres, l'allumeur peut en prendre 120 à sa charge, et son salaire, pour sept jours de travail par semaine, peut s'élever à 1250 fr. par an, soit fr. 10,41 par lanterne. Mais comme les administrations publiques sont tenues à une rigoureuse économie, il est évident qu'elles ne paieront pas une journée entière pour trois heures de travail et qu'elles pourront occuper leurs allumeurs à tout autre service.

On a essayé à Londres de ne payer aux allumeurs que le travail nécessaire pour l'entretien des lanternes et voici comment on avait fixé le prix :

Par semaine,	pour	allumer	20 lanternes		fr.	1,25
»	»	»	éteindre »	»	»	1,25
»	»	»	nettoyer »	»	»	0,63
				Total,	»	3,13

soit fr. 162,50 par an ou fr. 8,12 par lanterne et par an. C'est le prix qui a paru convenable dans le cas où l'allumeur est obligé

de se servir d'une échelle. Mais quand l'on allume les lanternes au moyen d'un bâton surmonté d'un falot, l'allumeur peut prendre à sa charge un beaucoup plus grand nombre de lanternes, et le salaire devient très-fort.

Durant l'enquête sur l'éclairage de Londres, on s'informa auprès des administrations de plusieurs villes des frais qu'entraînait ce service fait en régie. On a trouvé qu'à Blackburn, pour allumer, éteindre, nettoyer, peindre et réparer les lanternes qui brûlent 2486 heures par an, on ne donnait que fr. 11,66 par lanterne et par an. A Huddersfield, où les lanternes brûlent 3750 heures par an, on ne donne pour allumer, éteindre et nettoyer que 10 fr. par lanterne et par an.

En tenant compte du plus grand rapprochement des lanternes à Londres et du prix plus élevé des salaires, ce service nous paraît suffisamment rémunéré avec fr. 12,50 par lanterne, chiffre que nous augmenterons des frais d'entretien et de peinture des poteaux qui sont généralement évalués à fr. 3,75. En somme, avec des lanternes appartenant à l'administration communale, cette partie du service de l'éclairage ne reviendrait par an qu'à fr. 16,25 par lanterne, tandis que les Compagnies de Londres en demandent fr. 18,75.

ANNUITÉ POUR LE PRIX DES LANTERNES, POTEAUX, ETC.

A Londres, presque partout, les lanternes, les poteaux et leurs tuyaux appartiennent aux administrations paroissiales, et les Compagnies se chargent du tuyau de service qui relie chaque lanterne à la conduite. Ce tuyau de service, qui fait partie du système de distribution, coûte, tout posé, fr. 18,75 en moyenne. Le *Metropolis Gas Act* oblige les Compagnies à poser ces derniers tuyaux, lorsque la distance du poteau à la maîtresse-conduite ne dépasse pas 50 yards ($45^m,70$). —(Voir *Sec.* 14, *of the Metropolis Gaz Act*, 1860).

A Londres, chaque poteau muni de sa lanterne coûte ordinairement fr. 75; mais dans les villes de province, où on le fait plus léger, le prix n'est que fr. 37,50. En un mot, le prix varie de fr. 37,50 à fr. 100 et même 125. Lorsque les lanternes

et les poteaux appartiennent aux Compagnies, les administrations doivent leur payer une annuité d'amortissement au taux de 7,50 %; ainsi pour un poteau coûtant 50 fr., l'annuité est de 3 fr. 75. Nous aurons donc en résumé:

	Par lanterne et par année.
Allocation pour allumer, éteindre et nettoyer. . .	12,50
» réparation et peinture.	3,75
	16,25
Annuité à payer lorsque les poteaux appartiennent aux Compagnies	3,75
Total,	20,00

CAS OU L'ADMINISTRATION LOCALE SE CHARGE DE FAIRE ALLUMER ET ÉTEINDRE LES LANTERNES, MAIS OU LE GAZ LUI EST VENDU A LA MESURE.

Nous avons déjà dit qu'en Écosse et dans le Lancashire ce sont les administrations locales qui se chargent de faire allumer et éteindre les lanternes et elles achètent simplement le gaz aux Compagnies. Mais comme le gaz n'est pas livré au compteur, les contrats présentent le grave inconvénient d'être basés sur une dépense dont l'évaluation est loin d'être exacte. Les Compagnies et les administrations locales se trouveraient beaucoup plus à l'aise si elles plaçaient, pour un certain nombre de lanternes, des compteurs dont les indications serviraient pour toutes les autres. C'est d'ailleurs ce qui existe déjà à Leicester, Lincoln, St-Yves, Worthing, Torquay, Plymouth, etc.

A St-Yves et à Torquay, il y a un compteur par chaque douzaine de lanternes; dans les autres villes, il y en a beaucoup moins, et à Leicester, il n'y a qu'une lanterne sur soixante-dix qui soit munie d'un compteur. Il est curieux de comparer la consommation indiquée par ces compteurs à celle que les Compagnies portent dans leurs contrats; à Plymouth, par exemple, la consommation annuelle évaluée au compteur n'avait été que de 455^{mc},872 dans les mêmes conditions où les

administrations locales de Londres paient 622^{mc},930 aux Compagnies. M. George Bower, fermier du gaz à St-Yves, nous a appris que pendant les mois de septembre, octobre, novembre et décembre, qui donnent 1713 heures d'éclairage, chaque lanterne a consommé en moyenne 116^{mc},092, ce qui correspond à une consommation de 291^{mc},673 par année. A Torquay, par suite de la promulgation du Tormohan Gas Act, les administrations locales devaient payer le gaz en se rapportant aux indications d'un compteur pour dix lanternes; depuis, elles se sont entendues avec les Compagnies pour ne placer qu'un compteur pour douze lanternes, et ce système s'est continué depuis 1855. En voici les résultats :

En 1856, les compteurs indiquaient en moyenne.		.	356^{mc},061
En 1857,	»	»	365 ,123
En 1858,	»	»	388 ,170
En 1859,	»	»	381 ,545

Quant à l'année 1860, nous avons appris qu'il y avait eu des erreurs dans le mesurage.

L'économie amenée par ce système est tellement évidente que l'on ne peut trop insister pour que les administrations locales l'adoptent partout.

On a fait de grands efforts à Londres dans ces derniers temps pour introduire ce système; mais les administrations ont reculé devant la nécessité de placer un compteur à chaque lanterne, car les Compagnies n'acceptaient qu'à cette condition. J'ai été appelé à examiner la question et après mûres réflexions, je n'hésite pas à conseiller de faire la dépense d'un compteur pour chaque lanterne, plutôt que de payer encore du gaz que l'on ne consomme pas. Sans aucun doute la dépense est excessive, et il serait bien préférable de n'avoir à placer qu'un compteur par douzaine de lanternes; mais s'il faut passer par là, mieux vaut faire une fois la dépense du placement de ces compteurs que de payer tous les ans beaucoup plus de gaz qu'il en est brûlé.

Ordinairement on place le compteur sur le trottoir au pied du poteau; on est alors obligé de le renfermer dans une caisse en fonte et à une profondeur suffisante, pour le protéger contre les accidents de la circulation, et ce sont ces conditions qui en

augmentent les frais. A Torquay ils coûtent fr. 42,50 la pièce, et la boîte avec le montage reviennent à fr. 31,50. A Leicester ils coûtent, tout placés, fr. 112,50. et à St Ives fr. 50. Mais aujourd'hui on pourrait obtenir une notable réduction sur ce prix. Des fabricants très-considérables m'ont offert de faire des compteurs à fr. 33,75 et de les placer pour fr. 10, soit en tout fr. 43,75. Cependant il me semble qu'ils coûteraient beaucoup moins encore si on les suspendait aux poteaux près de la lanterne. Le compteur que je propose n'aurait que $0^{m},15$ de long sur $0^{m},12$ de large et $0^{m},23$ de hauteur. En plaçant sa longueur parallèlement aux bordures du trottoir, toute personne qui suivrait le trottoir ne le verrait que comme un petit objet de 12 centimètres et une personne qui se trouverait au milieu de la rue en face de la lampe le verrait sur sa longueur qui n'est que de 15 centimètres. Je pense que l'architecte même le plus méticuleux ne pourrait s'opposer à l'addition de cet instrument aux lanternes des plus belles rues. Les figures 1 et 2, planche 7, montrent un poteau avec son compteur. La figure 1 donne la vue du milieu de la rue; elle présente le compteur dans sa plus grande largeur qui n'égale même pas celle des affiches indiquant les bureaux de poste, etc. La figure 2 représente la lampe et le compteur comme on les verrait du trottoir. *a* est le régulateur que nous décrirons plus loin et *b* est le compteur attaché par la fourchette *d*.

On peut fournir ces compteurs garantis pour cinq ans fr. à 27,50 et garantis pour dix ans, à 30 fr. On n'est pas obligé de leur donner une enveloppe ni de fouiller le sol pour les placer.

Les Compagnies de Londres offrent de fournir elles-mêmes des compteurs placés sous le sol, à condition qu'on leur payera une annuité qui s'élève, dans un quartier dont j'ai dirigé les travaux pour l'éclairage, à fr. 3,44. Or, comme les Compagnies de Londres se permettent d'exiger 10 % en de semblables matières, cela suppose qu'elles peuvent fournir les compteurs à raison de fr. 34,38.

Avant d'abandonner ce sujet, qu'il me soit permis de rapporter ici l'opinion d'un ingénieur éminent, M. J. O. N. Rutter, *Brighton and Hove Gas Works*, sur la vente du gaz à forfait, sans le mesurer :

« La Compagnie s'engage à fournir et les administrations locales à payer 142 litres de gaz par lampe et par heure d'éclairage, le nombre d'heures pendant l'année variant avec les saisons et la longueur des nuits.

» Cela paraît fort simple sur le papier. Mais comment mesurer les 142 litres? C'est l'allumeur seul qui en répond, en ouvrant le robinet jusqu'à ce que la flamme prenne le développement qui lui semble convenable pour l'éclairage jusqu'à la fin de la nuit.

» Peut-on dire que de la sorte le contrat est exécuté? Non, certes. *Les Compagnies savent et les administrations n'ignorent pas plus, qu'il est absolument impossible de rendre uniforme, pour une lampe sur dix, la consommation de gaz pendant toute la nuit.* Les deux parties le savaient avant de signer le contrat. C'est une loi irrévocable de la nature que par un même orifice et dans le même temps il s'écoulera une même quantité d'un même gaz, pourvu que la pression reste constante. Si la pression varie, la dépense variera infailliblement.

» Quel expédient emploie-t-on pour se tirer de cet apparent embarras? *Les Compagnies se rapportent à ce que l'on appelle ort improprement une dépense moyenne.* » (Rutter, *On the Sale of Gas*, p. 6 : Parker and Son, London.)

Voici comment M. Rutter fait sentir la nécessité de changer de système le plus tôt possible :

« Si ceux qui tiennent en main les intérêts de tant de contribuables sont bien pénétrés de leur devoir, et s'ils peuvent économiser, ne fût-ce qu'un quart de la somme qu'ils ont portée à leur budget, ce quart est trop pour le négliger. Le temps est trop précieux pour le dépenser en vaines paroles ou en vains écrits. Il faut mettre la main à l'œuvre, discuter sainement et tranquillement là où les parties ne sont pas d'accord et se soutenir là où elles sont du même avis. Qu'on le fasse, et le gaz se vendra et s'achètera d'une manière aussi loyale que toutes les autres marchandises. » (Ibid., p. 14).

M. Rutter recommande le compteur comme le moyen le plus simple de mettre tout le monde d'accord :

« Peut-on écarter, se demande-t-il, le sujet des récrimina-

tions qui s'élèvent de toutes parts sur la fraude dans la fourniture du gaz à l'éclairage public. Oui, en *ne vendant le gaz qu'à la mesure*. Toute personne qui s'occupe de la chose ou qui a la moindre notion du système actuel se ralliera à mon avis. Dans toutes les localités, on déclare que le mode actuel de contrat est aussi mauvais que possible, et qu'il est impossible de le maintenir pour une branche de commerce aussi importante.

» Or, on sait que le compteur répond à toutes les exigences. C'est à lui que l'éclairage au gaz doit ses plus rapides progrès et ses plus grands succès. Le compteur a donné au commerce du gaz une extension et une vitalité qu'on ne peut bien apprécier qu'en rappelant le souvenir des vexations qu'amenait la vente à forfait. En forçant à économiser le gaz, en abaissant son prix et généralisant son emploi, le compteur seul a fait plus que les autres inventions et perfectionnements introduits dans cette industrie. » (Ibid., page 18).

Voici ce que pense M. Rutter de l'application du compteur aux lampes de rues :

« La chose est fort simple et il suffirait de l'abandonner au courant général des transactions commerciales. Mais dès le début, on a fait fausse route, et l'on y est resté jusqu'à ce jour. N'est-ce pas aux administrations locales qui achètent le gaz qu'incombe le devoir de s'assurer de la quantité fournie, et de la manière dont elle est dépensée. Or, comment remplir ce devoir pour des quantités livrées sans mesure et dont la dépense est abandonnée au contrôle des agents du vendeur. Si ce n'était pas là un fait bien constaté et généralement établi depuis longtemps, on aurait aujourd'hui quelque peine à comprendre une pareille indifférence.

» Le placement d'un compteur à chaque lanterne ou à quelques-unes seulement, les considérations de prix, de système, de facilité d'accès, etc., ne sont que des questions secondaires et dont les difficultés ne sont qu'apparentes, et quand même ces difficultés seraient réelles, n'en a-t-on pas surmonté de beaucoup plus grandes quand il s'est agi d'introduire le compteur dans la vente en détail du gaz aux particuliers? D'ailleurs, les

compteurs des lanternes publiques auront sur les autres l'avantage d'une marche plus constante, et leur durée sera mieux assurée; car plus un compteur est soumis aux alternatives de marche et de repos, plus vite il se détériore. » (Ibid. p. 21.)

M. Rutter est d'opinion que les administrations publiques ont droit à une réduction de 25 % au mètre cube, sur le prix exigé des consommateurs privés :

« Pour en revenir au prix auquel le gaz doit être livré à l'éclairage public, disons que le changement essentiel et nécessaire qu'il faut apporter à l'état actuel des choses est d'abandonner complètement la vente à forfait et de mesurer la consommation. Qu'on exige radicalement ce changement et le réglement du prix du mètre cube pour les services publics sera facile : on n'aura qu'à prendre le taux le plus élevé exigé des consommateurs privés et le réduire d'un quart, plus ou moins, selon les circonstances.

» Il y a une chose que l'on devrait faire à Londres, et que l'on devrait faire de suite; car plus on tardera et plus on rencontrera d'opposition : c'est de régler nettement les droits des Compagnies et ceux des administrations, de bien limiter ce que chacune des parties peut ou doit faire et exiger. Et d'abord que l'on fasse passer le contrôle de l'éclairage des mains des Compagnies qui vendent, aux mains des autorités qui achètent. » (Ibid. p. 36.)

L'extrait suivant montre que les Compagnies n'ont aucune raison pour repousser l'emploi du compteur et donne l'opinion de M. Rutter sur la pose d'un compteur à chaque lanterne :

« Les administrations disent qu'elles paient plus de gaz qu'elles n'en consomment, tandis que les Compagnies prétendent qu'elles en fournissent plus qu'elles ne sont payées pour en donner. Qu'on emploie le compteur et toute discussion disparaîtra. Ce remède est aussi simple que facile à appliquer immédiatement. Les Compagnies, qui ne méconnaissent nullement la valeur du compteur, ne peuvent s'y opposer sous aucune raison ou prétexte. L'objection de la dépense de l'établissement des compteurs, mérite à peine d'être relevée. En fournissant les compteurs moyennant une redevance annuelle, les

Compagnies feraient simplement, pour de grands consommateurs, ce qu'elles feraient pour un certain nombre de petits consommateurs, si les circonstances l'exigeaient. En achetant elles-mêmes leurs compteurs, les administrations locales ne dépenseraient pas pour ce service une somme égale à celle qu'elles allouent annuellement pour les réparations de quelques mètres d'une rue fort fréquentée. D'ailleurs si les griefs contre les Compagnies sont fondés, si elles ne fournissent réellement pas la quantité voulue de gaz, la nécessité d'employer des compteurs est évidente pour les deux parties. » (*Ibid*, page 37.)

En présence de l'importance de cette question, on excusera ces nombreux extraits d'un ouvrage dont l'auteur mérite d'autant plus de confiance qu'il est intéressé dans la question, et qu'il paraît devoir être le défenseur naturel des Compagnies. Mais tout en étant directeur de grandes usines à gaz et profondément versé dans toutes les questions de cette industrie, M. Rutter est avant tout un homme d'équité, de conciliation, qui ne cherche dans la discussion que le moyen d'arriver à un résultat juste et dans l'intérêt de toutes les parties.

En publiant ses recherches, il tend à établir que les Compagnies sont toutes disposées à faire droit à de justes réclamations. Pleinement d'accord avec M. Rutter, j'espère que les administrations entendront sa parole et que les Compagnies adopteront ses opinions si libérales, si éclairées et si pleines de conviction.

V. Dwels.

(La fin au prochain N°.)

(The Artizan.)

DE L'ANALYSE SPECTROSCOPIQUE (1).

ÉTUDE SUR LA NOUVELLE MÉTHODE ANALYTIQUE DE MM. BUNSEN ET KIRCHHOFF ET RÉSUMÉ DE LEURS RECHERCHES SUR LE CÆSIUM ET LE RUBIDIUM,

PAR

FR. DEWALQUE,

RÉPÉTITEUR A L'ÉCOLE DES MINES DE LIÉGE.

---

§ 1. — L'histoire de cette partie de l'optique qui s'occupe des couleurs du spectre solaire, ne remonte guère qu'au XVII[e] siècle, et c'est à Newton qu'est due la découverte du phénomène de la dispersion de la lumière. L'illustre physicien anglais montra le premier qu'un faisceau de lumière incolore, sortant obliquement d'un milieu réfringent à faces non parallèles, n'est pas simplement dévié, mais qu'il est en même temps décomposé en une infinité de rayons colorés, diversement réfrangibles ; ces innombrables nuances se laissent ramener à sept couleurs principales, qu'il appela les couleurs simples du spectre et qui sont, en suivant l'ordre de plus grande réfrangibilité, le rouge,

---

(1) MM. Bunsen et Kirchhoff se sont occupés d'autre chose que de donner un nom à leur découverte ; la dénomination d'*analyse spectrale*, qui lui a été donnée, a été l'objet de critiques fondées, et l'on a proposé de lui substituer celle d'*analyse spectrométrique*, qui ne nous semble guère meilleure; nous proposerons, en conséquence, celle d'*analyse spectroscopique*, qui nous paraît qualifier mieux ce genre de recherches, où l'on n'analyse pas le spectre, où l'on n'opère pas de mesures quantitatives, mais où l'on obtient des déterminations qualitatives par l'examen du spectre.

l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet; leur réunion constitue la lumière incolore ou blanche. Newton paraît avoir fait cette découverte longtemps avant de la publier, en 1704, dans la première édition (anglaise) de son *Optique*.

Wollaston, le premier, remarqua que le spectre produit par la lumière du soleil n'était pas continu, mais présentait, au contraire, certaines zônes sombres disséminées çà et là, parallèlement aux couleurs. Dix ans après lui, Fraunhofer, sans avoir eu connaissance de ces travaux, observa la même discontinuité et étudia spécialement le spectre sous ce rapport; il y découvrit ainsi une infinité de raies qui, plus tard, furent appelées *raies de Fraunhofer*, et dont il désigna les plus importantes par les premières lettres de l'alphabet. Il en observa déjà plus de six cents, et bientôt Brewster en reconnut plus de 2000. On sait à quel prix Brewster acheta ses découvertes : pour mieux voir, il dissolvait les mucosités de l'œil par l'ammoniaque; malheureusement, il fut la victime de cet amour de la science et mourut aveugle.

Citons, en passant, un résultat auquel Fraunhofer fut déjà amené par l'étude de ce phénomène : ayant remarqué que le spectre solaire présentait les mêmes raies obscures que celui de la lune et des planètes, mais différentes de celles observées dans le spectre fourni par les étoiles fixes, il en conclut que la lune, pas plus que les planètes, n'avait de lumière propre et qu'elle ne faisait que nous renvoyer la lumière qu'elle recevait du soleil, tandis que les étoiles fixes devaient être lumineuses par elles-mêmes.

Du reste, divers auteurs ont aussi laissé entrevoir la découverte des deux savants professeurs de Heidelberg, mais ces derniers n'en ont pas moins droit à notre admiration, car, non-seulement ils l'ont nettement formulée, mais aussi ils en ont déterminé les lois et en ont montré l'importance et l'emploi. N'en est-il pas de cette découverte comme de celle de la vapeur qui, connue de toute antiquité, ne reçut d'application utile, comme force motrice, qu'après les inventions successives de Denis Papin, de Savary, de Newcomen et de Watt.

Quoi qu'il en soit, M. Wheatstone, en 1835, fit déjà remarquer que les raies spectrales fournies par l'arc voltaïque variaient avec la nature des électrodes; M. Plucker dessina aussi les spectres produits par la lumière électrique des tubes de Geisler (1). Nous lisons ensuite dans *l'Institut* (février 1849) que M. Foucault, décomposant par le prisme la lumière voltaïque, y reconnut une raie jaune occupant la même place que la raie D de Fraunhofer et M. Swan expliqua bientôt ce fait par la présence de la soude *(Transactions roy. Soc. Edinburgh*, XXI, 3, p. 441) qui se trouve répandue partout et dont la moindre trace se fait sentir dans le spectre.

Enfin, dans un mémoire sur les raies du spectre, publié en 1855 (*Philosoph. magaz.* et *Annales de Poggendorf*, XCIV), M. Angstrœm annonçait qu'il était bien convaincu que l'explication des raies obscures de Fraunhofer conduirait immédiatement à celle des raies des spectres électriques.

Il paraît, de plus, que M. Miller avait déjà déterminé, il y a plus de dix ans, la coïncidence de la raie jaune brillante du sodium avec la raie D, mais ces vues théoriques n'ont point reçu de publicité, et ce n'est qu'en juillet 1860 qu'il en est fait mention dans le *Philosoph. magazin*; alors que, dès le 27 octobre 1859, MM. Bunsen et Kirchhoff annonçaient déjà à l'Académie des sciences de Berlin leur explication des raies obscures de Fraunhofer.

§ 2. — Nous allons maintenant tâcher de donner quelques détails sur les appareils qui servent à la nouvelle méthode d'analyse.

L'appareil qu'employaient primitivement les deux savants professeurs de Heidelberg est assez simple; il est figuré pl. 6, fig. 1; A est un tuyau de lunette portant, à une de ses extrémités, un objectif achromatique dont le foyer principal, à l'autre extrémité, en *a*, est occupé par un diaphragme percé d'une fente verticale étroite. Vis-à-vis de cet objectif se trouve un

(1) Tubes que l'on a remplis de différents gaz ou vapeurs, ou bien dans lesquels on a fait le vide. *(Ann. de Pogg.*, CVII, 497.)

prisme B (1) équilatéral, placé de manière à disperser, avec la déviation minimum, les rayons qui, après avoir passé par la fente du diaphragme, émergent de l'objectif parallèlement entre eux. Le spectre produit se dessine dans la direction d'une lunette terrestre C, grossissant quatre à huit fois, à l'oculaire de laquelle on applique l'œil pour observer.

Le prisme et les deux objectifs sont disposés dans une caisse noircie, percée d'une ouverture pour le support vertical du prisme et de deux autres pour les lunettes A et C.

La figure 2 donne une coupe horizontale de l'appareil par l'axe des deux lunettes. Si l'on place devant le diaphragme une source lumineuse (MM. Bunsen et Kirchhoff emploient la lumière peu éclairante de la lampe à gaz mélangé d'air, connue sous le nom de lampe Bunsen) et qu'on regarde par la lunette C, on aperçoit un spectre continu, si la direction de la lunette est bien celle des rayons réfractés par le prisme.

Dès que l'on introduit une substance volatile dans la flamme, on aperçoit aussitôt dans le spectre des raies lumineuses dont l'éclat diffère beaucoup de celui du restant du spectre, et dont la couleur, la position et le nombre dépendent essentiellement de la substance expérimentée. Si cette substance est un sel de soude, par exemple, on voit apparaître une raie jaune très-brillante, correspondant pour la position à la raie D de Fraunhofer; est-ce de la lithine, on voit deux raies, l'une rouge, l'autre orangée moins brillante, et de positions spéciales.

Un point capital est de bien déterminer ces positions : cette opération, peu difficile en elle-même, exige de la perfection dans les appareils qu'on emploie. Voici comment on y parvient avec l'appareil que nous venons d'esquisser. Le prisme B est mobile sur son axe, à l'aide du levier *b*, afin de pouvoir toujours amener les raies sous le réticule de la lunette; l'axe sur

(1) Ce prisme est en flint bien homogène; MM. Bunsen et Kirchhoff avaient d'abord employé un prisme creux rempli de sulfure de carbone, liquide dont l'indice de réfraction est considérable; mais les changements de température influaient trop sur les dimensions du spectre et, partant, sur la fixité de la position des raies.

lequel il se meut, porte, par dessous, un miroir qui réfléchit l'image d'une échelle graduée placée à une petite distance. On observe cette image au moyen d'une nouvelle lunette qui, pour ne pas compliquer la figure, n'a pas été représentée. Le numéro de la division de cette échelle réfléchie, qui vient se placer sous le réticule de cette lunette, varie suivant la position du miroir et, partant, du prisme qui lui est solidaire. On peut donc déterminer la position exacte de la raie considérée, puisque, pour observer celle-ci, on doit faire tourner le prisme sur son axe, jusqu'à ce que cette raie vienne se placer sous le réticule de la lunette B.

Ce mode de détermination ne présentait pas, paraît-il, toute l'exactitude et la facilité désirables; aussi, M. Steinheil, opticien renommé de Munich, a modifié complètement l'appareil pour en construire, d'après les indications de MM. Bunsen et Kirchhoff, un autre plus compliqué, mais bien préférable pour les recherches de l'analyse spectroscopique. Nous allons le faire connaître en détail, car aucune description n'en a encore été donnée en français, à notre connaissance du moins.

Ce spectroscope est représenté pl. 6, fig. 3. Un prisme de flint, P, de 60°, est porté sur une plaque en laiton, reposant sur un socle en fonte, qui supporte aussi le tuyau de lunette A. Ce tuyau est muni d'une lentille achromatique en *a* et d'un diaphragme portant la fente verticale en *a'*, foyer principal de la lentille. Nous dirons tantôt quelques mots de ce diaphragme. A ce socle en fonte sont adaptées deux branches mobiles dont l'une porte une lunette B, grossissant huit fois et servant à observer le spectre, et l'autre, un tuyau C, dont l'extrémité qui regarde le prisme est munie d'une lentille, et dont l'autre extrémité porte une échelle micrométrique. Cette échelle, par sa réflexion sur la surface du prisme, donne une image visible dans une direction que l'on fera coïncider avec celle de la lunette B. Ce micromètre est une réduction photographique, au quinzième, d'une échelle graduée en millimètres. L'échelle réduite présente les chiffres et les divisions en noir sur un fond clair; l'inverse serait cependant préférable. Au moyen de feuilles d'étain, on ne laisse paraître de cette échelle que ce qu'il est nécessaire pour pouvoir lire les chiffres et les divisions.

La figure 4 représente le diaphragme qui s'adapte au tuyau A et dont nous avons parlé plus haut. Au moyen de la vis ε, on peut varier la largeur de la fente, laquelle n'est libre que sur la moitié supérieure du diaphragme; par cette partie libre, les rayons émis par une lumière L entrent directement dans le tuyau de lunette A. La moitié inférieure de la fente est cachée par un petit prisme équilatéral P', qui envoie, par réflexion totale, vers la lentille et à travers la fente, les rayons émis par une seconde lumière L'. Par l'emploi d'un tel diaphragme, on peut observer simultanément dans la même lunette deux spectres distincts, l'un dans la moitié inférieure, l'autre dans la partie supérieure, dont les couleurs se correspondent; cela permet de juger avec certitude si les raies de l'un sont bien les mêmes que celles de l'autre. On conçoit qu'une de ces lumières L ou L' puisse être remplacée par la lumière solaire au moyen de miroirs.

C'est dans ces flammes, qui peuvent aussi être remplacées par l'étincelle de la bobine Ruhmkorff (1) quand on veut opérer sur des corps peu volatils, que l'on place la matière d'essai, maintenue dans le crochet de fil de platine fixé au support *s* ou *s'*.

Pour disposer convenablement le spectroscope, on prend d'abord la lunette B, qu'on *met au point* en regardant des objets très-éloignés et on la remet ensuite en place. Cette lunette, mobile avec la branche qui la supporte, est placée de telle sorte que sa direction soit à peu près celle du tuyau A, on élargit alors la fente au moyen de la vis ε, et l'on cherche à voir cette fente en regardant par la lunette ; si l'on n'y arrive

---

(1) La bobine de Ruhmkorff est devenue d'un grand secours dans les analyses spectroscopiques, car beaucoup de composés ne donnent pas de raies, si on les étudie à l'aide d'une flamme ordinaire, tandis qu'elles apparaissent immédiatement si la matière d'essai est placée sur l'un des électrodes ; seulement, il importe, en ce cas, de remarquer qu'on obtient simultanément les raies de la substance essayée et celles qui proviennent des électrodes et de l'air ambiant. Pour reconnaître les premières, il faut opérer avec deux paires d'électrodes, l'une marchant à blanc, l'autre chargée de la matière à examiner. On obtient de la sorte deux spectres, dont un seul contient les raies cherchées.

point de prime abord, on y parviendra en se servant des vis de rappel α et β que l'on manœuvrera jusqu'à ce que le milieu de la fente se montre à très-peu près au milieu du champ de la lunette. Cela fait, on place le prisme dans une position indiquée sur la plaque de laiton et on l'y assujettit au moyen du ressort γ. On dirige alors l'axe du tuyau A vers une source lumineuse, la flamme d'une bougie, par exemple, et l'on tourne la lunette B autour du pied jusqu'à ce qu'on aperçoive le spectre dans la partie inférieure de la lunette; on assujettit alors celle-ci, puis l'on place le tuyau C, de manière à bien voir l'image réfléchie de l'échelle dans la lunette B; et s'il arrivait que cette image ne fût pas parallèle au spectre, on la rendrait telle en tournant plus ou moins le tuyau C sur son axe.

Il reste maintenant à déterminer la position des deux lumières L et L'; pour cela, le mode le plus simple est de placer la flamme d'une bougie devant la fente et de chercher, pour la lunette B, la position dans laquelle la partie la plus brillante du spectre paraît au milieu du champ visuel; on reporte alors la flamme de la bougie devant l'oculaire et dans la direction de l'axe, puis on cherche devant la fente la position dans laquelle l'œil voit la partie supérieure de cette fente briller avec le plus d'éclat, et l'on place la lampe L dans une position telle que la partie de son bord où l'on introduit la perle à examiner, se trouve vis-à-vis de la fente, entre celle-ci et l'œil. On agit de même pour la deuxième lampe, en cherchant la position où l'on distingue le mieux l'image de la fente déviée par la réflexion totale du petit prisme dont est muni le diaphragme; cette position est celle de la lumière L'.

Il ne reste plus, pour avoir installé complétement l'appareil, que d'en recouvrir toutes les parties d'un drap noir percé de trous circulaires livrant passage à l'oculaire de B, au diaphragme de A et au micromètre de C. Ce micromètre doit aussi être éclairé au moyen d'une lumière diffuse, par exemple, la lumière d'une bougie traversant du papier de soie.

L'appareil étant ainsi disposé et éclairé, si l'on regarde dans la lunette B, on voit deux spectres, l'un inférieur, l'autre supérieur, et l'image de l'échelle micrométrique. Ces spectres sont

continus, c'est-à-dire que l'on n'y voit point de raies; dès qu'une substance étrangère est introduite dans une des flammes, on voit aussitôt le spectre de cette flamme présenter une ou plusieurs raies spéciales et dont la position peut être déterminée au moyen du micromètre; l'autre spectre reste inaltéré. En introduisant successivement différents sels volatils, on obtient pour chacun d'eux des raies qui diffèrent par le nombre, la couleur et la position, tandis que le second spectre ne change pas. Si, comme nous l'avons dit plus haut, une des deux lumières est remplacée par la lumière solaire, on observe alors dans le spectre correspondant, non pas des raies brillantes, mais les raies obscures de Fraunhofer. C'est en opérant de la sorte que l'on a pu se convaincre que la raie jaune du sodium correspond, pour la position, à la raie D, que la raie rouge du potassium correspond à la raie A de Fraunhofer, etc.

Pour expliquer ces raies obscures, MM. Bunsen et Kirchhoff ont montré qu'une source de lumière à spectre continu donne des raies obscures, si l'on interpose une vapeur métallique sur le trajet de ses rayons, tandis que ces raies obscures feront place à des raies brillantes si l'on analyse isolément la lumière de cette même vapeur. L'expérience qui sert à prouver ce principe est très-simple : si l'on introduit une substance volatile dans une flamme dont on observe le spectre, on voit apparaître dans celui-ci des raies de couleur et de position propres à cette substance; mais si l'on place une source lumineuse vive (foyer électrique, lumière Drummond, etc.) de manière que ses rayons doivent traverser la flamme où se trouve la substance, avant de venir se décomposer, on observe alors dans le spectre, au lieu et place des raies brillantes, des raies obscures, qui sont d'autant plus foncées que la source lumineuse est plus vive. Qu'on retire ce foyer et aussitôt les raies redeviennent brillantes. Au contraire, si l'on n'introduit pas de matière volatile dans la flamme, on aura beau placer derrière celle-ci le foyer électrique, on n'obtiendra qu'un spectre continu dont l'éclat variera plus ou moins avec celui de la flamme qui l'aura produit.

Quant à la permanence et à la fixité des raies, quant à leur position, à leur couleur et à leur intensité, ces deux savants ont

prouvé, par des expériences souvent répétées, que les raies caractéristiques se retrouvent identiques et toujours à la même place, quel que soit le composé employé (brômure, chlorure, iodure, oxyde, hydrate, sulfate ou carbonate) de ces métaux, et quelle que soit la flamme, soit celle de la lampe Bunsen, soit celle du soufre, du sulfure de carbone, du gaz de la pile, etc. (1), avec cette seule restriction, que l'intensité des raies augmente avec la température de la source lumineuse, et que, pour une même source, l'intensité de ces raies est d'autant plus grande que le sel du métal employé est plus volatil.

§ 3. — Nous avons maintenant à examiner les particularités que présentent, à l'analyse spectroscopique, les chlorures chimiquement purs de potassium, de sodium, de lithium, de strontium, de calcium, de baryum et enfin des deux métaux, le cæsium et le rubidium, dont cette nouvelle méthode d'analyse, entre les mains de MM. Bunsen et Kirchhoff, a déjà enrichi la science. C'est là le point le plus important pour la pratique.

Pour être certain de la pureté des chlorures qu'il soumettait à l'analyse spectroscopique, M. Bunsen les a préparés lui-même avec le plus grand soin; nous donnerons ici une idée des précautions minutieuses auxquelles il a dû recourir, en faisant connaître comment il a obtenu le chlorure calcique : après avoir dissous du marbre blanc bien pur dans de l'acide chlorhydrique, il précipita la dissolution, en deux fois, par le carbonate d'ammoniaque; la dernière partie du carbonate de chaux fut redissoute dans de l'acide azotique, l'azotate produit

(1) M. Bunsen a trouvé par le calcul que les températures des différentes flammes expérimentées sont les suivantes :

Flamme du soufre.	2202°	centigr.
» du sulfure de carbone . . .	2215°	»
» du gaz d'éclairage	2350°	»
» de l'oxyde de carbone. . .	3042°	»
» de l'hydrogène dans l'air. .	3259°	»
» du gaz tonnant.	8061°	»

(Voir *Gasometrische Methode von R. Bunsen*, p. 254.)

fut ensuite repris par l'alcool absolu dont il se déposa par l'évaporation. Ce sel fut transformé de nouveau en carbonate et enfin dissous dans l'acide chlorhydrique; ce chlorure fut considéré comme pur. Dans cette préparation, on eut soin d'exclure l'emploi des vases en verre ou en porcelaine et de ne se servir que de vases en platine.

Avant de commencer l'étude des divers spectres, rappelons quelques remarques faites par MM. Bunsen et Kirchhoff. Qu'on ne perde donc point de vue que l'on n'a encore inscrit dans les tableaux que nous donnons, pl. 6, que les raies les plus caractéristiques, et que l'on ne peut s'autoriser, comme cela est déjà arrivé, à conclure immédiatement l'existence d'un métal nouveau, par suite de ce qu'on aurait obtenu des raies non dessinées sur le tableau, ou qui ne correspondraient pas parfaitement à celles qui y sont indiquées. Quand on a pu, au moyen de l'échelle micrométrique, vérifier qu'une raie observée ne correspond pas exactement à celle du tableau, le meilleur moyen de s'assurer de leur identité est d'introduire simultanément, dans une des flammes du spectroscope, le métal pur supposé et dans l'autre, la matière d'essai.

Il est une question qui fait encore actuellement l'objet des recherches des deux savants de Heidelberg. Le grand nombre d'expériences diverses qu'ils ont faites, pouvait facilement leur faire admettre que, quelle que soit la combinaison sur laquelle on opère, les raies d'un élément sont complètement indépendantes de celles des corps avec lesquels il est chimiquement combiné, et que les raies observées sont les mêmes si le métal fait partie d'une combinaison ou d'un mélange. Ce principe n'est pas parfaitement exact, car, quoique l'expérience ait maintes fois prouvé que les raies brillantes d'un gaz brûlant doivent correspondre aux raies absorbantes ou obscures du spectre produit par une lumière qui traverse cette flamme, on a cependant reconnu, par exemple, que les raies obscures de la vapeur d'iode ne sont pas reproduites par l'acide iodhydrique, et que, d'un autre côté, les raies obscures de l'acide azoteux ne se retrouvent pas quand on opère avec un mélange mécanique d'azote et d'oxygène.

Mais il est bien possible qu'à la haute température des flammes, cette influence de l'action chimique sur les raies obscures ne soit pas la même qu'aux températures basses des expériences que nous venons de citer; car, si la combinaison chimique apporte des modifications aux raies obscures ou absorbantes, elle doit aussi modifier les raies brillantes. Il paraîtrait donc que les raies doivent varier avec la nature de la combinaison; mais, pour expliquer alors pourquoi, dans toutes les expériences spectroscopiques qu'ils ont faites, on a toujours obtenu les raies brillantes caractéristiques, il faudrait admettre que les sels essayés n'ont pu résister à la température élevée de la flamme et qu'ils ont été décomposés; de sorte qu'on a, en définitive, opéré sur la vapeur métallique libre, qui a donné les raies.

Les conditions qui paraissent les plus avantageuses pour l'observation au spectroscope, sont celles où la fente a une largeur telle que l'on ne puisse observer que les raies de Fraunhofer les plus intenses; il faut, de plus, que le grossissement de la lunette ne soit pas trop fort (quatre à huit fois) et que la lumière ne soit pas trop éclairante; car, si l'intensité du spectre se trouve fort augmentée, il arrive que certaines raies se dédoublent, par exemple, la raie du sodium, ou bien de nouvelles raies apparaissent et le rapport des intensités des premières est susceptible de changer.

Potassium. Les composés volatils de ce métal (chlorure, iodure, brômure, oxyde, carbonate et sulfate) donnent naissance à un spectre coloré présentant trois raies : l'une, $K\alpha$, située dans le rouge, correspond à la raie A de Fraunhofer; l'autre, $K\beta$, est à l'autre extrémité du spectre, dans le violet; la 3[e] correspond à la raie B de Fraunhofer, mais elle est extrêmement faible et ne peut bien se voir que dans les flammes intenses. La raie $K\beta$ est moins visible que la raie $K\alpha$, mais, avec un peu d'habitude, on la retrouve constamment.

La sensibilité de cette réaction est telle qu'on peut facilement constater la présence de $\frac{1}{1000}$ de milligramme de chlorate de potasse; nous verrons, en parlant des raies du sodium, comment une semblable approximation peut être donnée. Si la matière

dans laquelle on veut reconnaître la présence de la potasse, n'était pas volatile, ce qui a lieu pour les silicates, par exemple, on la fond dans une cuiller de platine avec du fluorure d'ammoniaque en excès; dès lors, les moindres traces de potassium deviennent sensibles. On peut facilement, en plaçant les cendres d'un cigare dans la flamme, observer la raie rouge du potassium avec celle du sodium et du lithium, que nous allons voir.

Sodium. Ce sont les sels de ce métal qui fournissent les réactions les plus sensibles ; ils ne donnent lieu qu'à une seule raie N a α correspondant pour la position à la raie D de Fraunhofer ; elle se produit, quel que soit le sel employé, borate, silicate ou chlorure, etc. Le reste du spectre est obscur, mais on y distingue cependant, au voisinage de la raie, des traces d'un spectre jaune continu.

MM. Bunsen et Kirchhoff estiment à $\frac{1}{3.000.000}$ de milligramme de sel de soude, la quantité nécessaire pour donner lieu à la raie caractéristique N a α. Voici comment ils sont arrivés à constater ce chiffre : on fit détonner trois milligrammes de chlorate de soude mélangés à du sucre de lait, dans l'endroit le plus éloigné possible du spectroscope où l'on observait la flamme peu éclairante d'une lampe à gaz. Au bout de quelques minutes, la raie jaune se montra et persista pendant plus de dix minutes. Les trois milligrammes de sel, répartis dans les soixante mètres cubes d'air que contenait le laboratoire, ne donnaient à cet air qu'une teneur de $\frac{1}{20.000.000}$ de son poids en sel de soude ; or, la flamme n'emploie pendant une seconde (temps nécessaire pour observer la raie) que cinquante centimètres cubes d'air ou 0^{gr},0647 qui contiennent environ $\frac{1}{3.000.000}$ de milligramme de sel de soude.

Cette réaction, on le comprend, est d'une sensibilité souvent gênante. Ainsi, dans les laboratoires de notre université, en me servant du gaz de la ville, je n'ai pu obtenir de flamme qui ne montrât, à un degré plus ou moins fort, cette raie N a α de la soude. Des fils de platine, débarrassés par la calcination de toute trace de sodium et abandonnés pendant quelques heures à l'air, présentent de nouveau la raie jaune caractéristique de ce métal. La poussière, qui se dépose dans nos appartements,

est aussi toute imprégnée de soude et il suffit d'épousseter un livre à quelques pas de l'appareil, pour que cette raie $N a \alpha$ apparaisse très-brillante.

Lithium. Les sels volatils du lithium, introduits dans la flamme, donnent lieu à deux raies bien tranchées, l'une, $Li\alpha$, rouge très-brillant, l'autre, $Li\beta$, jaune très-faible.

En faisant détonner, dans le même laboratoire que celui dont nous venons de parler pour la soude, neuf milligrammes de carbonate de lithine, à l'aide du chlorate de potasse et du sucre de lait, on a obtenu d'une manière très-visible la raie $Li\alpha$, ce qui permet de conclure que l'analyse spectroscopique accuse nettement la présence de $\frac{9}{1,000,000}$ de milligramme de carbonate de lithine.

L'introduction dans la flamme des silicates qui contiennent de la lithine, donne lieu à la production immédiate de la raie, mais celle-ci ne persiste qu'un instant, et si le silicate ne contient que des traces de cette base, elle n'apparaît même pas. Dans ce cas, on attaque le silicate par l'acide fluorhydrique ou par le fluorure d'ammoniaque, on évapore, puis on reprend par un peu d'acide sulfurique qu'on évapore de nouveau; on traite ensuite le résidu sec par de l'alcool absolu. Cet alcool est de nouveau évaporé, et le résidu, repris une seconde fois par de l'alcool, est évaporé dans un verre de montre très-plat; il suffit de $\frac{1}{10}$ de milligramme de ce résidu pour obtenir les raies caractéristiques.

Les expériences de M. Bunsen lui ont fait reconnaître que la lithine est un des corps les plus répandus dans la nature : on peut la reconnaître facilement dans l'eau de l'Océan et dans les cendres des fucus que le Gulfstream pousse sur les côtes d'Ecosse. Quand une eau minérale contient assez de lithine pour que l'on y puisse reconnaître cet alcali, quoique avec difficulté, par les procédés ordinaires de l'analyse, une seule goutte évaporée au bout d'un fil de platine (recourbé en anneau et aplati) suffit pour la déceler au moyen du spectroscope. Les potasses commerciales de Russie, les cendres de tabac et des céréales récoltées dans la vallée du Rhin sur un terrain granitique, le lait des vaches nourries avec ces blés contient

aussi de la lithine. On la rencontre encore dans les granits de l'Odenwald.

La lithine mélangée avec mille fois son poids de soude est encore reconnaissable, quoique ce mélange ne donne pas la moindre coloration rouge à la flamme; seulement, à cause de la plus grande volatilité des sels lithiques, la raie Li α ne persiste pas aussi longtemps que celle Na α du sodium.

STRONTIUM. Les raies produites par ce métal rendent le spectre bien plus complexe que ceux que nous venons de passer en revue; ce spectre est caractérisé par l'absence de raies vertes et par la présence de six raies rouges, d'une raie orangée et d'une raie bleue. Les plus importantes sont Sr α (1), située à peu de distance de la raie D de Fraunhofer, les deux raies Sr β et Sr γ et la bleue Sr δ. La sensibilité de la réaction est telle qu'elle accuse encore $\frac{6}{100,000}$ de milligramme.

Comme tous les sels fixes ne donnent pas immédiatement la réaction, il est bon d'essayer la matière deux fois : d'abord seule, puis ensuite après l'avoir humectée d'acide chlorhydrique. Si l'on a affaire à des silicates, à des phosphates ou à des borates, il est préférable de désagréger la matière par le carbonate sodique, non dans un creuset, mais au moyen d'un fil de platine tourné en spirale conique; cette spirale, portée au rouge, est plongée dans le carbonate sodique en poudre; l'état d'humidité ordinaire de ce sel en fait adhérer au fil de platine autant qu'il en faut pour l'opération; on opère la fusion à la flamme d'une lampe à alcool, de sorte que l'opération s'achève beaucoup plus vite que dans un creuset. La masse étant fondue, on y introduit quelques parcelles de la matière d'essai bien porphyrisée, on continue l'action du feu durant quelques minutes, puis on laisse refroidir. Le globule fondu étant détaché, on le réduit en poudre dans une soucoupe, puis l'on y verse de l'eau bouillante, que l'on agite pendant quelque temps; on

(1) Pour distinguer les diverses raies, on les a désignées par les premières lettres de l'alphabet grec en commençant par les plus caractéristiques et les plus marquées.

décante, puis on répète ce lavage deux ou trois fois. L'opération réussit mieux encore en employant, au lieu d'eau, une solution de chlorure de sodium. La matière qui reste sur la soucoupe est du carbonate de strontium, dont quelques dixièmes de milligramme suffisent pour produire des raies très-nettes.

La présence du strontium ne gêne nullement la détermination du potassium, ni du sodium, ni celle du lithium; seulement il ne faut pas perdre de vue que, comme la raie Li α occupe la même place que la raie Sr β, on voit alors la première, qui est fort étroite, apparaître très-brillante sur un fond rouge formé par la seconde.

Calcium. Le spectre de ce métal est immédiatement reconnu par une raie, Ca α, orangée très-intense et par une autre raie presque aussi vive, Ca β, dans le vert. La raie Ca α est, à très-peu près, au milieu de l'intervalle entre les raies C et D de Fraunhofer. Il y a, en outre, une raie brillante entre les raies G et H de Fraunhofer, mais beaucoup plus près de G que de H; cette raie, qui n'a pas été mentionnée dans les premiers mémoires de M. Bunsen, devient très-visible quand on emploie des lumières plus vives.

La sensibilité du spectroscope pour le calcium, est telle que $\frac{6}{100.000}$ de milligramme de chlorure sont encore très-nettement accusés.

Les combinaisons les plus favorables pour l'observation sont le chlorure, le brômure et l'iodure; le sulfate et le carbonate donnent aussi la réaction, mais bien moins marquée. Les combinaisons de la chaux avec les acides fixes sont sans action sur le spectre; si ce sont des sels attaquables par l'acide chlorhydrique, on fait l'attaque sur le fil de platine même : on fritte un peu de la matière à essayer dans l'œillet du fil, puis on y fait tomber une goutte d'acide; on porte alors la substance attaquée dans la flamme du spectroscope et l'on aperçoit le spectre du calcium, mais d'autant moins longtemps que la teneur en chaux est plus faible.

Les silicates inattaquables par l'acide chlorhydrique seront traités avantageusement de la manière suivante : on en prend quelques milligrammes que l'on porphyrise avec un gramme de

fluorure d'ammoniaque, puis l'on chauffe ce mélange sur une feuille de platine pour volatiliser le fluorure; on humecte le résidu avec de l'acide sulfurique et l'on évapore de nouveau. En prenant un milligramme environ de la masse restante, on peut observer d'abord les spectres du potassium, du sodium et du lithium, si ces métaux y existent; les raies du calcium et du strontium n'apparaissent que quelque temps après. Pour des proportions très-faibles de ces deux derniers métaux, la réaction ne se manifeste pas: il suffit alors de chauffer la perle à la flamme de réduction, puis de l'humecter d'acide chlorhydrique avant de l'introduire de nouveau dans la flamme du spectroscope.

Baryum. De tous les spectres que nous avons à étudier, celui-ci est le plus compliqué: il se caractérise d'abord, à première vue, par deux raies vertes Baα et Baγ plus intenses que les autres, apparaissant les premières pour ne disparaître que les dernières; une troisième Baβ, située dans le vert, est plus faible, mais est cependant encore caractéristique. Le spectre du baryum est assez étendu, de sorte que les réactions paraissent moins sensibles. Cependant, M. Bunsen a calculé par expérience que la raie Baα est parfaitement bien visible avec $\frac{1}{1,000}$ de milligramme d'un sel barytique dans la flamme observée. Les sels dont l'introduction seule dans la flamme donnent de la manière la plus remarquable la réaction, sont le chlorure, le brômure, l'iodure, le fluorure, l'hydrate, le carbonate et le sulfate.

Les silicates attaquables par l'acide chlorhydrique ne produisent les raies caractéristiques qu'après avoir été humectés avec cet acide; quant aux sels indécomposables par la chaleur et l'acide chlorhydrique, on les traitera comme nous l'avons vu en parlant des combinaisons de strontium, puis l'on examinera le carbonate barytique qui reste comme résidu.

Quand, comme c'est souvent le cas, le baryum et le strontium se rencontrent en petites proportions avec beaucoup de calcium, on dissout par l'acide azotique les carbonates résultant de la fusion, puis on reprend par l'alcool pour séparer la chaux. On pourra alors constater la présence du baryum et du strontium

dans le résidu laissé par l'évaporation de l'alcool, à moins que l'un ne soit en proportion par trop minime relativement à l'autre; dans ce cas, les azotates doivent être transformés en chlorures, puis repris par l'alcool, qui enlève le chlorure strontique et laisse comme résidu le chlorure barytique. Mais il n'est pas nécessaire de faire des séparations de ce genre, quand les proportions des corps à déterminer ne se trouvent pas être trop minimes relativement; ainsi on a observé au spectroscope un mélange de chlorures sodique, potassique, lithique, calcique, strontique et barytique, ne contenant que $\frac{1}{10}$ de milligramme de chacun de ces sels, et voici ce que l'on remarqua : d'abord la raie $Na\alpha$ se montra, se détachant sur un spectre continu faible; puis apparurent en même temps les raies $Li\alpha$, $K\alpha$, $Ba\alpha$ et $Ba\beta$ avec leurs nuances particulières et leurs positions propres. Ces raies finirent par s'effacer peu à peu et alors se montrèrent les raies $Ca\alpha$, $Ca\beta$, $Sr\alpha$, $Sr\beta$, $Sr\gamma$, $Sr\delta$ dans leur position et avec leur couleur caractéristiques. Elles persistèrent quelque temps, puis finirent par disparaître.

RUBIDIUM. Parmi les raies du nouveau métal, appelé *rubidium*, on remarque tout d'abord les raies $Rb\alpha$ et $Rb\beta$ qui sont très-brillantes et placées vers la limite du bleu et de l'indigo; les raies $Rb\gamma$ et $Rb\delta$ sont d'une intensité moindre, mais sont caractéristiques au plus haut degré : elles sont d'un rouge foncé (ce qui donne l'étymologie du nom du nouveau métal : *rubidus* = rouge foncé) et placées dans la partie du spectre en dehors de la raie A de Fraunhofer; on sait que dans le spectre solaire cette partie ne se laisse observer qu'à l'aide de soins tout particuliers. Les autres raies que montre encore le rubidium ne peuvent guère être utilisées que quand la substance essayée est très-pure et la flamme très-vive. Les sels de rubidium qui montrent les raies avec le plus d'éclat sont l'azotate, le chlorure et le chlorate; le sulfate donne aussi un beau spectre et l'on peut même reconnaître parfaitement ce métal dans le silicate et le phosphate. Nous verrons tantôt, en parlant du rubidium considéré au point de vue chimique, comment on doit opérer pour le séparer des autres métaux alcalins.

La sensibilité de la réaction du rubidium est telle que le

résidu d'une goutte (4 mmgr.) de solution rubidique, contenant 0,0002 milligram. de chlorure, évaporée sur l''anneau applati du fil de platine, laissait encore apercevoir très-nettement les raies $Rb\alpha$ $Rb\beta$.

Cæsium. Ce nouveau métal a reçu son nom de la présence dans son spectre de deux raies bleues caractéristiques, $Cs\alpha$ et $Cs\beta$, qui occupent une position bien voisine de la raie unique $Sr\delta$ du strontium. Nous citerons encore la raie $Cs\gamma$, quoiqu'elle soit moins caractéristique ; les raies jaunes et vertes, qui sont aussi indiquées dans le dessin, n'apparaissent qu'avec les flammes les plus intenses et ne sont pas propres à caractériser de petites quantités de sels de cæsium.

Sous le rapport de la facilité à donner la réaction, les sels doivent se ranger comme ceux du rubidium; le silicate et le phosphate la manifestent directement. Pour la sensibilité, une goutte d'eau contenant 0,00005 milligramme de sel cœsique donne, au spectroscope, les raies $Cs\alpha$ et $Cs\beta$ nettement caractérisées. Quant aux mélanges avec le potassium et le sodium, le cœsium peut très-bien y être découvert quand il n'y entre que pour un trois à quatre centième, tandis que le rubidium n'est pas accusé dans un tel mélange, s'il n'y entre que pour la centième partie.

Le cæsium mélangé avec quinze cents parties de lithium se laisse encore décéler au spectroscope, tandis que le rubidium ne se caractérise plus s'il est mêlé à plus de six cents parties de ce même métal.

§ 4. DU RUBIDIUM.

Détermination de l'équivalent. — Pour déterminer l'équivalent du rubidium, il fallait d'abord préparer des sels rubidiques parfaitement purs, et ce n'était pas chose facile. Voici le mode de purification qui fut adopté: après avoir bien privé de lithine et de terres alcalines le résidu salin provenant de 150 kilog. de lépidolithe de Saxe, on le précipita par le chlorure de platine, sans toutefois pousser la précipitation jusqu'à sa dernière limite. Le chlorure double platinico-alcalin obtenu fut soumis à des lavages méthodiques à l'eau bouillante en petite quantité,

les eaux de lavage furent réunies chaque fois à la liqueur primitive, ce qui déterminait un précipité, que l'on reprenait pour le traiter comme le précédent. Cette opération fut répétée vingt fois, jusqu'à ce que les eaux, qui devenaient chaque fois d'un jaune plus clair, eussent fini par conserver une coloration jaune clair invariable, signe d'une composition constante. Tous les précipités furent alors réunis et soumis encore à un lavage identique, après quoi, ils furent traités à chaud par un courant d'hydrogène qui réduisit le platine. La masse fut reprise par l'eau et la solution de nouveau précipitée par le chlorure de platine ; le chlorure double obtenu donna, après réduction par l'hydrogène, $2^{gr},2496$ d'un chlorure de rubidium que nous nommerons A, et qui, précipité par un sel d'argent, donna lieu à $2^{gr},7688$ de chlorure d'argent. La liqueur, séparée par le filtre et débarrassée de l'argent, fut alors additionnée de 30 fois son volume d'eau, puis précipitée par une solution platinique très-diluée. La précipitation, lente à paraître, s'effectua rapidement par le refroidissement. Le chlorure double précipité donna, après avoir été lavé et réduit par l'hydrogène, un chlorure de rubidium B dont 0^{gr} 9022 produisirent $1^{gr},0712$ de chlorure d'argent. La même opération fut répétée sur la dissolution, et l'on obtint ainsi un chlorure de rubidium C dont $1^{gr},3540$ donnèrent $1^{gr},6076$ de chlorure d'argent. Une nouvelle répétition fournit le chlorure D dont $1^{gr},9486$ donnèrent $2^{gr},3091$ de chlorure d'argent. En réduisant ces chiffres pour les comparer, on trouve que :

1 partie	du chlorure	de rubidium		A	produit	1,2308	de chlorure d'argent.
1	»	»	»	B	»	1,1873	»
1	»	»	»	C	»	1,1873	»
1	»	»	»	D	»	1,1850	»

Quoique ces chlorures B, C, D, pussent, selon toute probabilité, être considérés comme purs, on s'en assura en en reprenant une partie par l'alcool, d'où l'on retira un nouveau chlorure E dont $0^{gr},5116$ donnèrent un précipité de chlorure d'argent pesant $0^{gr},6078$; soit, pour 1 partie de E, 1,1884 de chlorure d'argent.

En adoptant, avec M. Bunsen, pour les équivalents du chlore et de l'argent, les chiffres Cl = 35,46 et Ag = 107,94 que les récentes recherches de notre savant compatriote, M. Stas, permettent de considérer comme exacts, on obtient, pour l'équivalent du rubidium, les nombres suivants :

En considérant le chlorure		B comme pur,	on trouve	Rb =	85,31
»	»	C	»	»	85,32
»	»	D	»	»	85,55
»	»	E	»	»	85,24

Soit en moyenne Rb = 85,36, l'hydrogène étant 1.

Ce chiffre n'est certainement pas moins approché de la vérité qu'un grand nombre de ceux que l'on considère généralement comme suffisamment exacts.

Rubidium métallique. — M. Bunsen, n'ayant à sa disposition que peu de chlorure de rubidium, n'a pu songer qu'à séparer ce métal par voie voltaïque.

L'expérience la plus intéressante qu'il ait faite à cette occasion, est celle de la production de l'amalgame de rubidium, en décomposant par la pile une dissolution aqueuse de chlorure, le mercure servant d'électrode négatif et le platine d'électrode positif. Sous l'action du courant, le mercure se transforma en une masse cristalline, solide, d'un blanc d'argent, altérable à l'air en se recouvrant d'une couche d'oxyde de rubidium. Cet amalgame, projeté dans l'eau, la décompose à la température ordinaire ; il se montre fortement électro-positif vis-à-vis de l'amalgame de potassium. On ne doit donc plus considérer le potassium comme occupant le premier rang dans la série électro-chimique.

Hydrate de rubidium. — RbO, HO. Ce composé se prépare facilement par la décomposition du sulfate de rubidium au moyen de l'eau de baryte ; on opère à chaud, afin de ne pas laisser intervenir l'action de l'air et d'apercevoir plus aisément le point de saturation. La dissolution d'oxyde de rubidium, évaporée rapidement dans une cornue en argent, laisse une masse poreuse, d'un blanc un peu grisâtre, qui entre en fusion tranquille à une température un peu en-dessous du rouge, sans perdre son eau d'hydratation. Par le refroidissement, on obtient

une masse cassante, un peu grenue, mais non cristalline. Cet oxyde hydraté est facilement volatil; il donne avec l'eau une solution fortement alcaline, qui corode la peau. Exposé à l'air, il est déliquescent et se transforme en carbonate et même en bicarbonate de rubidium.

Cet oxyde ne peut être fondu dans des vases en platine; il se comporte, sous ce rapport, comme la potasse et la soude, et ne reste nullement en arrière pour tout ce qui concerne l'alcalinité. 0gr,7200 de cet oxyde donnent 0gr,9286 de sulfate, ce qui conduit à la composition :

	Trouvé.	Calculé.
RbO	90,29	91,21
HO	9,71	8,79
	100,00	100,00

La petite différence qu'on remarque entre les chiffres calculés et ceux que l'expérience a fournis, provient de ce qu'il est à peu près impossible d'opérer complètement à l'abri de l'acide carbonique de l'air.

Carbonate de rubidium. RbO,CO^2.— En précipitant le sulfate de rubidium par l'eau de baryte, on obtient une dissolution d'oxyde qui, évaporée à siccité et mêlée à du carbonate d'ammoniaque, produit le carbonate de rubidium; chauffé un peu davantage, ce sel se fond dans son eau d'hydratation, en donnant une masse poreuse, qui entre en fusion tranquille au rouge et donne par le refroidissement une masse blanche, cristalline, opaque, très-déliquescente et corrodant la peau; $\frac{1}{10.000}$ dans de l'eau, donnent une solution dont l'alcalinité peut facilement être reconnue au papier de tournesol. Le carbonate de rubidium est à peu près insoluble dans l'alcool (0,0074) et ne se décompose pas sous l'action de la chaleur. 1gr,4032 de ce sel, traités par l'acide sulfurique, ont perdu 0,2748 d'acide carbonique, ce qui conduit à la composition suivante :

	Trouvé.	Calculé.
RbO	81.22	80.93
CO^2	18.78	19.07
	100.00	100.00

Bicarbonate de rubidium hydraté. $RbO,2CO^2 + HO$.—La solution du sel précédent, traitée par l'acide carbonique, donne lieu à un bicarbonate qui, par évaporation au-dessus d'acide sulfurique, cristallise en cristaux prismatoïdes, dont l'alcalinité est faible et dont la saveur rappelle celle du nitre. Ce sel est facilement soluble dans l'eau; soumis à la chaleur, il perd son second équivalent d'acide carbonique.

La composition trouvée pour ce sel est :

RbO	63,79
$2CO^2$	30,06
HO	6.15
	100.00

Azotate de rubidium. RbO, AzO^5.— Ce sel, par une cristallisation lente, donne des prismes dodécagonaux terminés par des pyramides du système hexagonal : le rapport des axes serait 1 : 0,7097, pour autant que les angles des pyramides aient pu avoir été mesurés avec exactitude. On sait que, d'après Frankenheim, le nitre potassique, cristallisé d'ordinaire en prismes rhombiques, se présente quelquefois sous des formes du système hexagonal.

De même que le nitre, l'azotate de rubidium ne contient pas d'eau de cristallisation, mais bien de l'eau interposée entre ses particules, ce qui le fait décrépiter au feu. La chaleur continuant, il fond sans se décomposer, mais si la température s'élève encore davantage, il finit par se transformer en azotite. Au chalumeau et sur le fil de platine, il se volatilise sans laisser de résidu. La solubilité dans l'eau est bien différente de celle du nitre; ainsi, à 0°C, 100 parties d'eau dissolvent 20,1 p. d'azotate de rubidium et seulement 13,3 de nitre, et à 10°, 100 parties d'eau dissolvent 43,5 d'azotate de rubidium et seulement 20,4 de nitre.

La composition de ce sel est :

	Trouvé.	Calculé.
RbO	63,36	63,35
AzO^5	36,64	36,65
	100,00	100,00

Sulfate de rubidium. RbO, SO^3. — Ce sel se comporte à la chaleur comme le sulfate potassique. Par l'évaporation lente d'une dissolution aqueuse, on l'obtient en beaux cristaux du système rhombique, le rapport des axes étant $a : b : c =$ 0,5723 : 1 : 0,7522; l'angle des arêtes latérales du rhomboctaèdre = 113°6′ et ceux des arêtes terminales respectivement 131°6′ et 87°8′. Ce sel est par conséquent isomorphe avec le sulfate de potasse.

Ces cristaux sont anhydres, inaltérables à l'air et décrépitent quand on les chauffe; leur saveur est analogue à celle du sulfate de potasse, mais ils sont beaucoup plus solubles dans l'eau: car 100 parties d'eau à 70° C ne dissolvent que 9,58 parties de ce sel, tandis que, dans les mêmes circonstances, 42,4 parties de sulfate de rubidium peuvent se dissoudre.

La composition de ce sel est :

	Trouvé	Calculé
RbO	69,86	70,01
SO^3	30,14	29,99
	100,00	100,00

Alun rubidique. — Le sulfate de rubidium forme, avec le sulfate d'alumine, un alun cristallisant en beaux cristaux octaédriques, inaltérables à l'air et dont la formule chimique est $RbO,SO^3 + Al^2O^3,3SO^3 + 24\,HO$. Avec les sulfates de magnésie, de nickel et de cobalt, il forme aussi des sels doubles, pouvant cristalliser en beaux cristaux isomorphes à ceux du groupe $KO\,SO^3 + MgO\,SO^3 + 6\,HO$. Ces sels doubles sont moins solubles que le sulfate de rubidium simple.

Chlorure de rubidium. — Rb Cl. — Ce sel, par une évaporation lente, cristallise en une espèce de cubes déprimés, ne présentant aucune modification; il est inaltérable à l'air, et décrépite quand on le chauffe, pour commencer à fondre vers la chaleur rouge. Sur le fil de platine, il se volatilise complètement. 100 parties d'eau à 1° C. dissolvent 76.38 parties et à 7° C., 82.39 p. de chlorure de rubidium; les quantités respectives de chlorure de potassium que l'on dissout à ces températures sont 29 et 31 parties.

Ce sel a une composition de :

	Trouvé	Calculé
Rb	70,30	70,65
Cl	29,70	29,35
	100,00	100,00

Chlorure platinico-rubidique. — RbCl , $PtCl^2$. — Toutes les dissolutions de rubidium sont précipitées par le chlorure de platine. Le précipité est jaune clair et se dépose facilement à la température de l'ébullition, sous forme d'une poudre fine, pesante, qui, vue au microscope, apparaît composée de petits cristaux octaédriques réguliers, d'une couleur jaune de miel. Cette combinaison est tout-à-fait insoluble dans l'alcool, et elle est moins soluble, surtout à chaud, que le chlorure platinico-potassique. Nous donnerons, en parlant du cæsium, un tableau de la solubilité de ces chlorures platinico-alcalins. Seulement, nous ferons maintenant la remarque qu'entre 13 et 14°, il paraît y avoir un minimum de solubilité, ce qui tendrait à faire croire que ce sel s'hydrate à une température plus basse.

Ce sel, soumis à l'action réductive de l'hydrogène, perd de son chlore, même à froid, mais très-facilement à chaud; il laisse alors pour résidu du platine avec du chlorure de rubidium. Pour cette opération, il faut avoir soin de ne pas chauffer trop fort, à cause de la volatilité du chlorure alcalin. Pour analyser cette combinaison, on a opéré sur 1^{gr},9398, précipités par du chlorure de platine bien pur et qui, chauffés sous l'action d'un courant d'hydrogène, ont perdu 0^{gr},4850 de leur poids ; le résidu repris par l'eau, donna 0^{gr},7891 de chlorure de rubidium qui put fournir 0^{gr},9252 de chlorure d'argent; le platine séparé pesait 0^{gr},6620, de sorte que la composition centésimale résultant de cette analyse est la suivante :

	Trouvé	Calculé
Pt	34,13	34,08
Cl^2	25,00	24,39
Rb	28,88	29,35
Cl	11,79	12,19
	100,00	100,00

La petite différence entre les chiffres que donne le calcul et ceux qu'on a trouvés par expérience, s'explique par la grande volatilité du chlorure du nouveau métal.

Etat naturel du rubidium. — Déjà nous avons dit que les sels rubidiques qui ont servi aux expériences de MM. Bunsen et Kirchhoff avaient été extraits du lépidolithe ou mica lithique de la Saxe. Le même minéral de Rozéna, en Moravie, a été analysé : il contient 0,0024 d'oxyde de rubidium. Toutes les sources salées en renferment des traces : les eaux de Dürckheim renferment 0,0000002 de RbCl et les eaux-mères des salines qui servent pour les bains salés en contiennent 0,00004. Les eaux-mères de Kissingen et de Theodorshall, près Kreuznach, n'en contiennent que des traces ; les eaux du Kochbrunnen, à Wiesbaden, celles de la nouvelle source, à Soden, près Francfort, en contiennent assez pour que l'évaporation de sept ou huit litres donne une eau-mère dans laquelle on peut reconnaître les raies caractéristiques du rubidium au spectroscope. Les potasses du commerce ne paraissent pas contenir ce nouveau métal, pas plus que les azotates de soude naturels ; mais, d'après M. Grandeau, les résidus de la fabrication des salpêtres en contiendraient une assez forte quantité, qui paraîtrait provenir des salins de betterave : celle-ci enlevant au sol, outre le chlorure de potassium, le nouveau métal qui s'y trouve cependant en quantité tellement minime, que l'analyse spectroscopique ne parvient même pas à l'y constater.

§ 5. DU CÆSIUM.

Jusqu'à ce jour, ce sont les eaux minérales de Dürckheim qui ont présenté la proportion la plus forte de cæsium, et M. Bunsen, pour ses recherches, a opéré sur 240 kilog. d'eau-mère, qu'il reçut de M. Gundelach, et qui provenaient de l'évaporation de 44,200 kilog. de ces eaux.

Séparation du cæsium; recherche de l'équivalent.— Le cæsium accompagne presque toujours le rubidium, le potassium, le sodium et le lithium. En précipitant par le chlorure de platine, on sépare d'abord le potassium, le rubidium et le cæsium à

l'état de chlorures doubles platinico-alcalins. On débarrasse ensuite ce précipité du sel potassique, d'après la méthode indiquée en parlant du rubidium (V. p. 105); cela fait, on dissout dans l'eau le mélange de chlorures cæsique et rubidique obtenus et on les transforme en sulfates. L'acide sulfurique est ensuite éloigné par de l'eau de baryte, et les oxydes de rubidium et de cæsium, produits par cette opération, sont évaporés dans une capsule en argent, avec addition de carbonate d'ammoniaque, mais de manière à ne transformer en carbonate que environ la cinquième partie des oxydes. Le résidu sec est alors repris par l'alcool absolu, qui laisse le carbonate de rubidium avec un peu de carbonate de cæsium, tandis qu'il dissout l'oxyde cæsique ainsi qu'un peu d'oxyde rubidique. En reprenant cet oxyde par de l'acide chlorhydrique, on obtient un chlorure encore impur dont $0^{gr},5129$ précipitèrent $0^{gr},1995$ de chlorure d'argent; ce mode de séparation ayant été répété plusieurs fois, on obtint ainsi du chlorure cæsique de plus en plus pur, et tel que :

100	parties du chlorure provenant de la	1re	séparation produisaient	95,708	de chlorure d'argent.
»	»	2e	»	93,486	»
»	»	3e	»	91,250	»
»	»	4e	»	90,318	»
»	»	5e	»	90,320	»
»	»	6e	»	90,245	»

Par ces chiffres, on voit qu'on peut considérer comme purs les chlorures obtenus à partir de la 4e opération, et si l'on se sert des trois derniers pour le calcul de l'équivalent, on obtient respectivement :

123,31
123,31
123,44

Soit, en moyenne, 123,35 pour l'équivalent du cæsium.

A cause de l'isomorphisme des sels de ce métal avec ceux de potassium, on ne peut point considérer le chiffre 123,35 comme un multiple ou un sous-multiple de l'équivalent.

On a pris, comme pour le rubidium, H = 1, Ag. = 107,94 et Cl = 35,46 (d'après M. Stas).

Cæsium métallique. — On conçoit qu'après des opérations aussi longues et aussi complexes, M. Bunsen n'ait pas eu à sa disposition assez de matière pour pouvoir préparer du cæsium métallique; mais en décomposant par la pile une solution de chlorure, il obtint, quoique plus difficilement que pour le rubidium, un amalgame de cæsium d'une couleur blanc d'argent et à grain cristallin. Cet amalgame s'oxyde à l'air plus rapidement que celui de rubidium; il décompose l'eau à froid et se montre constamment électro-positif vis-à-vis de l'amalgame de potassium et de celui de rubidium. Le cæsium est par conséquent le corps le plus électro-positif jusqu'à présent connu, puis vient le rubidium, et ensuite le potassium qui, précédemment, occupait le premier rang.

Hydrate de cæsium. CsO,HO. — Le cæsium paraît former, comme le potassium, un oxyde, et un peroxyde; quant à l'hydrate d'oxyde, que l'on prépare par la même méthode que l'hydrate rubidique, il contient un équivalent d'eau que la chaleur ne peut lui enlever. Cet hydrate est très-déliquescent, se dissout dans l'eau avec un fort dégagement de chaleur, et est au moins aussi caustique que les oxydes de potassium ou de rubidium; il est soluble dans l'alcool et est complètement volatil au chalumeau.

Carbonate de cæsium. CsO,CO^2.— La préparation est analogue à celle du carbonate de rubidium. La dissolution du carbonate donne par évaporation des cristaux peu distincts, hydratés et très-déliquescents à l'air; par la chaleur, ces cristaux fondent facilement dans leur eau de cristallisation, en laissant une masse blanche, grenue, anhydre, qui attire fortement l'humidité de l'air et qui peut elle-même entrer en fusion ignée à la chaleur rouge sans perdre son acide carbonique. Ce sel est complètement volatil sur le fil de platine au chalumeau. La solution aqueuse est très caustique et $\frac{1}{10000}$ de ce sel dans l'eau suffit pour

bleuir le papier rouge de tournesol. Une propriété caractéristique de ce carbonate est de se dissoudre dans l'alcool absolu : à 19° C., 100 parties d'alcool en dissolvent 11,1 parties et, à l'ébullition, 20,1 parties, qui se déposent par un refroidissement rapide, sous forme de petits cristaux grenus, tandis qu'un refroissement lent donne lieu à la production de groupements en longues aiguilles.

En traitant ce carbonate de cæsium par l'acide sulfurique, on trouve qu'il est composé de :

	Trouvé.	Calculé.
CsO	85,86	85,65
CO^2	14,14	14,35
	100.00	100.00

Bicarbonate de cæsium. $CsO,2CO^2 + HO$.—Le carbonate simple se transforme rapidement en bicarbonate dans une atmosphère d'acide carbonique. La dissolution de ce bicarbonate, évaporée à la température ordinaire au-dessus de l'acide sulfurique, donne de grands cristaux peu distincts, prismatoïdes, striés, inaltérables à l'air, qui n'ont que peu de causticité, et qui perdent facilement leur second équivalent d'acide carbonique, par exemple, par l'ébullition dans l'eau ;

La composition de ce sel a été trouvée être :

	Trouvé.	Calculé.
CsO	71.56	71.25
$2CO^2$	28.44	23.87
HO		4,88
	100.00	100.00

Azotate de cæsium. CsO,AzO^5. — Par une cristallisation lente, ce sel cristallise dans le système ditriaxique ou hexagonal, et la forme primitive est un dihexaèdre obtus, dont l'angle des arêtes terminales est 142°56′ et celui des arêtes latérales 78°58′, ce qui correspond à un rapport d'axe

$$a : c = 1 : 0,71348.$$

Si l'on considère ce dihexaèdre comme étant de seconde classe ou direct, celui de première classe qui lui correspondrait, peut être pris pour le résultat de ses deux formes hémiédriques, un rhomboèdre primitif d'un angle de 106°40′ et son inverse. De cette manière, on peut considérer l'azotate de cæsium comme isomorphe avec les azotates de potassium et de sodium, car les angles correspondants de ces sels sont 106°40′, 106°30′ et 106°36′.

L'azotate de cæsium ne contient point d'eau de cristallisation et est inaltérable à l'air ; chauffé, il entre en fusion ignée et, si la chaleur augmente, il y a dégagement d'oxygène et réduction de l'azotate en azotite, ensuite, par l'absorption de l'eau de l'atmosphère, il se forme de l'hydrate qui attaque fortement le platine. Ce sel n'est que très-peu soluble dans l'alcool et il est un peu plus difficilement soluble dans l'eau que le nitre ; 100 parties d'eau à 3°2 C dissolvent 16p,1 de ce dernier, tandis qu'elles ne dissolvent que 10p,6 d'azotate de cæsium. 3,0567 de cet azotate ont donné 2,8273 de sulfate, d'où l'on conclut à une composition de :

	Trouvé	Calculé
CsO	70,80	70,87
AzO^5	29,20	29,13
	100,00	100,00

Sulfate de cæsium acide. — Le carbonate, traité par de l'acide sulfurique en excès et chauffé lentement jusqu'au rouge, donne un fluide limpide, qui se prend en une masse cristalline par le refroidissement. Ce sel, dissous dans l'eau, donne, par évaporation lente, des cristaux peu nettement mesurables du système horthaxique (rhombique). Le rapport des axes est environ $a : b = 1 : 1,38$. Ce sel a une saveur et une réaction très-acides, il est inaltérable à l'air ; il entre en fusion ignée à une température au-dessous du rouge, mais si l'on chauffe davantage, il finit par laisser dégager de l'acide sulfurique anhydre, et se transforme en sulfate neutre.

Sulfate de cæsium neutre. CsO, SO^3. — La saveur de ce sel est fade, puis amère. Sa solubilité dans l'eau est plus grande que

celle du sulfate de potasse : ainsi, à — 2°C, 158 parties de sulfate de cæsium se dissolvent dans 100 parties d'eau, tandis que 8 parties seulement de sulfate de potasse peuvent se dissoudre dans les mêmes circonstances. Une évaporation lente donne bien des cristaux, mais on n'en a pas encore obtenu qui fussent mesurables. La composition de ce sel est de :

	Trouvé.	Calculé.
CsO	76,85	76,66
SO^3	23,15	23,34
	100,00	100,00

Ce sulfate donne, avec ceux de nickel, de cobalt et de magnésie, des sels doubles que l'on peut obtenir en beaux cristaux isomorphes avec ceux que donnent, dans les mêmes circonstances, les sulfates de rubidium et de potassium.

Avec le sulfate d'alumine on obtient un alun octaédrique correspondant aux aluns potassique et rubidique.

Chlorure de cæsium. Cs Cl. — Ce chlorure cristallise en petits cubes peu distincts, anhydres, déliquescents ; il fond déjà au rouge naissant, et se volatilise bien plus facilement que le chlorure potassique, si on élève la température. Maintenu longtemps en fusion au contact de l'air, il devient basique. Sa composition est de :

	Trouvé	Calculé.
Cs	77,67	77,67
Cl	22,33	22,33
	100,00	100,00

Chlorure platinico-cæsique. Cs Cl, Pt Cl_2. — En traitant le chlorure de cæsium par le chlorure de platine, il se forme un précipité d'un jaune un peu plus clair que celui que donnent les sels de potasse : c'est un chlorure double anhydre et formé d'octaèdres réguliers, microscopiques et transparents. Il est peu soluble dans l'eau, ainsi que le montre le tableau suivant qui donne aussi les solubilités respectives des sels doubles de platine et de rubidium ou de potassium :

100 PARTIES D'EAU A UNE TEMPÉRATURE DE	CHLORURE DOUBLE DE PLATINE ET DE		
	POTASSIUM.	RUBIDIUM.	CÆSIUM.
0°	p 0,74	p 0,184	p 0,024
10°	0,90	0,154	0,050
20°	1,12	0,141	0,079
30°	1,41	0,145	0.110
40°	1,76	0,166	0.142
50°	2,17	0,205	0,177
60°	2.64	0,258	0,213
70°	3,19	0,329	0 251
80°	3,79	0,417	0,291
90°	4 45	0,521	0,332
100°	5,18	0 634	0,377

La composition du chlorure platinico-cæsique a été trouvée être :

	Trouvé.	Calculé.
Pt	30,25	30,14
Cl^2	21,67	21,57
Cs	37,35	37,51
Cl	10,53	10,78
	100,00	100,00

État naturel. — Le cæsium se rencontre presque toujours avec le rubidium. Les eaux de Dürckheim en contiennent 0,00017 sur 1000 parties ; on en a trouvé des traces dans les eaux salées de Theodorshall, près de Kreuznach, de Kreuznach, de Kissingen et de Nauheim. On en a aussi constaté la présence dans les eaux minérales de l'Ungemach, à Baden-Baden, de même que dans celles de Wiesbaden et de Soden, près Francfort. Le cæsium existe aussi en quantité notable dans les eaux de Bourbonne-les-Bains, ainsi que la reconnu M. Bunsen

sur un résidu que lui avait envoyé M. Grandeau, qui s'est occupé de l'analyse de ces eaux.

Recherche du rubidium et du cæsium. — Ces deux métaux n'étant précipités ni par l'acide sulfhydrique, ni par le carbonate d'ammoniaque, on doit les rechercher dans le groupe qui renferme le magnésium, le lithium, le sodium et le potassium. Ils se séparent facilement des trois premiers par la propriété d'être précipités par le chlorure de platine, mais cette réaction, comme toutes les autres, leur est commune avec le potassium. Ainsi, l'acide tartrique et l'acide perchlorique y produisent un précipité granulo-cristallin, tandis que l'acide hydrofluosilicique y détermine un précipité opalin. Leurs sels colorent la flamme en violet; cette couleur tire sur le bleu pour les sels potassiques, tandis que le rubidium et surtout le cæsium donnent une nuance rougeâtre; toutefois, ces trois teintes diffèrent si peu que l'on ne peut guère les distinguer, si ce n'est par l'observation simultanée des trois flammes.

Le cæsium, comme nous l'avons vu, se sépare du rubidium par l'insolubilité du carbonate de rubidium dans l'alcool absolu.

En un mot, le spectroscope seul fournit un caractère spécifique suffisant, et sa sensibilité dépasse de beaucoup, pour la netteté et la précision, les réactions les plus caractéristiques de la chimie ordinaire.

§ 6. DES APPLICATIONS DU SPECTROSCOPE.

La méthode d'analyse spectroscopique a excité partout le plus vif intérêt par les résultats étonnants qu'elle a déjà produits et elle se propage rapidement. Les découvertes que l'on doit à l'usage du spectroscope laissent prévoir les applications nombreuses qu'il va recevoir et l'avenir qui lui est réservé. A l'aide de cet instrument, on déterminera en quelques instants, avec autant de certitude que de facilité, les divers éléments qui entrent dans la constitution des corps minéraux, et les réactions sont d'une telle délicatesse et d'une telle précision, elles sont si peu susceptibles d'être masquées les unes par les autres, que chaque élément est aussi facile à reconnaître dans un corps quelconque que dans un composé simple : c'est là un

avantage inappréciable. Cette précieuse qualité nous a déjà valu la découverte des deux métaux alcalins que nous venons d'étudier, et l'on annonce la découverte, dans les dépôts sélénifères et arsénifères des fabriques d'acide sulfurique du Harz, d'un troisième élément nouveau, nommé *Thallium* par M. Crookes, à cause de sa raie verte et dont les propriétés le feraient ranger dans le groupe du soufre. Ce nouvel élément a aussi été retrouvé dans des échantillons de soufre natif.

Ajoutons qu'avec de l'habitude et en tenant compte de la volatilité des différents corps, on peut obtenir des indications importantes sur les proportions relatives des divers composants.

Le minéralogiste, aidé de quelques caractères physiques, n'a souvent besoin, pour la détermination de l'espèce minérale qu'il examine, que d'en connaître les composants; l'analyse spectroscopique le conduit à ce but avec la plus grande facilité, et elle lui permet surtout la distinction des espèces qui, avec la même forme cristalline, présentent une composition différente; ainsi, par exemple, celle des différents feldspaths, de l'anorthite, etc., celle des silicates calcaires doubles, qui sont si nombreux et ont tant de caractères communs. Ce mode d'analyse ne demande, en outre, qu'un temps fort court et que de très-petites quantités de substance : pour donner une idée de la rapidité et de l'étendue de cet examen, nous prendrons un des nombreux exemples que cite M. Bunsen : l'orthose de Baveno donne la raie $Na\alpha$ avec des traces de $K\alpha$ et $Li\alpha$, soit immédiatement, soit après avoir été humecté d'acide chlorhydrique. Si on le traite par le fluorhydrate d'ammoniaque et l'acide sulfurique, les raies $Na\alpha$ et $K\alpha$ se présentent très-vives et la raie $Li\alpha$ un peu moins forte. Après la volatilisation de ces corps, si l'on ajoute une goutte d'acide chlorhydrique, la matière donne les raies $Ca\alpha$ et $Ca\beta$, mais d'une manière peu perceptible. Après ces observations, si l'on reprend par l'azotate de cobalt le résidu qui adhère au fil, on obtient la coloration bleue qui décèle l'alumine; on y trouve aussi facilement la réaction de la silice. On a donc, en quelques instants, constaté dans cet orthose la présence de la silice, de l'alumine et de la potasse, avec des traces de soude, de chaux

et de lithine, en même temps qu'on s'est assuré qu'elle ne renferme ni strontiane, ni baryte.

Les géologues, de leur côté, trouveront peut-être dans cette nouvelle méthode de nouveaux caractères pour déterminer l'âge relatif et le synchronisme des masses qui constituent l'écorce solide de notre globe. En tout cas, nos connaissances sur la diffusion des différents corps simples seront singulièrement modifiées : ainsi l'on sait déjà que la lithine figure parmi les bases les plus répandues, et que la strontiane se trouve aussi dans beaucoup plus de roches qu'on ne le supposait.

L'emploi des moyens que nous présente l'analyse spectroscopique pour découvrir dans l'atmosphère différents éléments accidentels, nous amènera peut-être à des résultats inattendus pour l'hygiène. On a déjà observé la présence plus ou moins constante d'une certaine quantité variable de soude dans l'air : or, serait-il impossible qu'un antiseptique aussi prononcé que le chlorure de sodium eût quelque influence sur la production et sur la marche des maladies endémiques et épidémiques ?

D'un autre côté, l'analyse si compliquée des eaux minérales qui, depuis quelques années, a déjà fait tant de progrès, reçoit un nouveau secours. C'est ainsi que M. Grandeau, ayant déjà constaté, par l'analyse chimique, la présence dans l'eau de Bourbonne-les-Bains de dix-huit corps simples, y découvrit encore le rubidium et le cæsium, et M. Bunsen, à qui il soumit les résidus, y constata, en outre, la présence de la lithine et de la strontiane.

L'utilité du spectroscope pour l'industrie ne peut être méconnue, et il est à croire que l'emploi en sera bientôt établi dans certaines fabrications, spécialement dans celles des produits chimiques, où l'on a si souvent intérêt à décéler sûrement et promptement la présence de tel ou tel corps qu'il s'agit de recueillir ou d'éloigner. Citons un exemple des résultats qu'elle a déjà donnés dans cette voie : quelques gouttes d'eaux-mères de différentes salines, ayant été examinées au spectroscope, indiquèrent la présence du lithium en proportion relativement assez forte, ce qui était resté ignoré jusqu'à ce jour ; avec ce guide sûr, les méthodes d'extraction ont pu être perfectionnées

et l'on a pu retirer d'un litre de ces eaux 4 grammes de lithine dont le kilogramme coûte environ six cents francs. On a aussi trouvé que les eaux-mères de la fabrication industrielle de l'acide tartrique contiennent assez de lithine pour qu'il soit possible de l'en extraire.

Mais l'application la plus curieuse, la plus remarquable, qui, seule, aurait suffi pour expliquer le retentissement qu'a eu la découverte des deux savants de Heidelberg, est, sans contredit, celle qui en a été faite à l'étude de la constitution chimique des astres. Qui donc aurait osé espérer que la science porterait jamais ses investigations jusque dans les espaces planétaires les plus reculés pour demander au soleil et aux étoiles le secret de leur composition?

Nous avons vu l'explication des raies obscures du spectre et la coïncidence des raies de Fraunhofer avec les raies Na α de la soude, K α de la potasse, etc., etc. C'est en se fondant là dessus, que M. Kirchhoff admet, pour expliquer les raies de Fraunhofer(1), que la lumière de la photosphère du soleil doit traverser, avant de nous arriver, une atmosphère contenant certaines vapeurs métalliques. D'après lui, si nous pouvions recevoir uniquement la lumière du noyau, elle donnerait lieu à la production d'un spectre continu, et si nous recevions uniquement la lumière de l'atmosphère qui entoure le soleil, il y aurait production d'un spectre à raies brillantes; mais comme ces deux spectres ne sont jamais séparés quand nous observons la lumière solaire, nous voyons, au lieu et place des raies brillantes, qui nous décéleraient la présence du potassium, du sodium, etc., dans l'atmosphère gazeuse, des raies obscures qui ne sont autre

(1) *Monatsberichte der Berlin. Acad.*, octobre et novembre 1859. — Une analyse de ce mémoire, plus étendue que celle que comportait notre travail, a commencé à paraître dans le *Moniteur scientifique* du Dr QUESNEVILLE, septembre 1861, où l'on trouvera aussi l'historique de la théorie optique des raies traité assez longuement. Nous ajouterons aussi que le premier mémoire de MM. Bunsen et Kirchhoff concernant l'analyse spectroscopique (*Ann. de Poggendorf*, tome CX) a été traduit dans les *Annales de chimie et de physique* (t. LXII, août 1861) où doit aussi paraître la traduction du second, qui est le plus important pour l'étude des nouveaux métaux et des appareils employés.

chose que les raies de Fraunhofer. Par conséquent, ce sont ces raies qui, par leur position seule, et non par leur couleur, vont caractériser les éléments constitutifs de cette atmosphère solaire. C'est ainsi qu'on y a déjà reconnu la présence du sodium, du potassium, du magnésium, du chrôme, du fer, du nickel, tandis que l'on a pu y constater l'absence de l'or, de l'argent, du cuivre, du mercure, du zinc, du cobalt, de l'aluminium et du lithium.

Si l'on voulait objecter que les raies obscures du spectre solaire sont dues à l'action de l'atmosphère terrestre, on pourrait répondre que ces métaux ne pourraient s'y trouver en quantité suffisante pour produire des effets aussi tranchés et aussi constants; que les raies devraient être notablement plus intenses quand le soleil est près de l'horizon, puisque alors la couche d'air à traverser est bien plus épaisse; et enfin, que les raies ne sont pas les mêmes dans le spectre du soleil et dans ceux de diverses étoiles fixes. Toutefois l'atmosphère doit avoir quelque action (1) et l'on attribue à son influence certaines raies variables que l'on a déjà appelées *raies atmosphériques.*

Nous venons de voir qu'en nous indiquant les éléments constitutifs du soleil, M. Kirchhoff aborde une autre étude en faisant mention d'une atmosphère solaire, et ses travaux donnent une base nouvelle à cette hypothèse si souvent débattue. Cette supposition doit être vérifiée au moyen d'expériences faites au moment d'éclipses annulaires de soleil. Mais si les résultats n'étaient pas tels qu'on le suppose, l'explication des raies de Fraunhofer serait toujours vraie, sauf qu'au lieu de voir la couche de lumière absorbante dans l'atmosphère, on la verrait dans la surface extérieure du noyau, et l'on admettrait alors, ce qui est bien probable, que tous les rayons lumineux du soleil ne viennent pas exclusivement de la surface externe, mais aussi d'une certaine profondeur, peut-être même assez forte.

(1) Voir sur ce sujet un travail de M. Gladstone dans les *Proceedings of the Royal Society*, XI, Juin 1861.

BULLETIN.



SITUATION DE L'INDUSTRIE MINÉRALE EN AUTRICHE.

Extrait d'un travail de M. F. Friese, inséré dans le *Zeitschrift des œst. Ingenieur-Vereines*, par Fr. Dewalque, ingénieur des mines.

La loi de janvier 1854, qui a mis un frein aux prétentions exagérées des propriétaires du sol envers les exploitants, l'extension rapide des voies ferrées, l'ardeur du travail et l'esprit d'association partout surexcité, ont donné à l'industrie minérale, en Autriche, une impulsion qui l'ont pour ainsi dire transformée dans ces dernières années. Et cette prospérité toujours croissante des exploitations minières prouve qu'elles n'attendaient, pour se développer que la réglementation des droits et des charges des exploitants.

M. Friese, à qui l'on doit plusieurs documents importants sur la statistique de l'Autriche. a publié une partie de ses recherches dans la *Revue des Ingénieurs autrichiens*, et l'intérêt que cette question présente au double point de vue des relations industrielles et de l'étude des traités de commerce internationaux, nous engage à communiquer l'extrait suivant aux lecteurs de la *Revue universelle*.

A. *Étendue des concessions minières.*

D'après les renseignements puisés aux publications de l'administration des mines, les concessions minières comprenaient, à la fin de 1859, 301,244,313 klafters carrés (1), soit à peu près 108,530 hectares. Dans cette surface ne rentre pas celle des salines, lesquelles ne nécessitent pas de concessions pour pouvoir être exploitées.

M. Friese donne, dans le tableau suivant, la répartition de cette surface dans les différents états de l'empire autrichien et dans les divers districts miniers. Ce tableau, en montrant les variations de l'étendue des concessions, aussi bien que les matières exploitées pour chacun des États, établit également qu'aucun d'eux n'est complètement dépourvu d'exploitations minérales.

---

(1) Nous avons compté le klfater carré de Vienne à $3^{m2},6$, en réalité c'est $3^{m2},599$.

A. — Tableau des surfaces concédées à l'exploitation dans les différents États de l'Empire.

DÉSIGNATION DES ÉTATS.	DISTRICTS MINIERS.	EXPLOITATIONS SOUTERRAINES					EXPLOITATIONS A CIEL OUVERT	SURFACE TOTALE.	PERMIS DE RECHERCHES JUSQU'A LA FIN DE 1858.
		or et argent	minerais de fer.	charbons minéraux	autres minerais	ensemble.			
		hectares.	hectares.	hectares.	hectares.	hectares.	hectares	hectares.	
Autriche supérieure à l'Enns.	St-Pölten	—	817,9	3532,1	145,5	4495,5	—	4495,5	558
Id. inférieure.	Id.	—	22,6	3842,3	9,0	3873,9	—	3873,9	58
Styrie.	Leoben.	18,8	890,0	846,3	257,4	2012,5	—	2012,5	144
Id.	Cilly.	63,2	370,1	4189,8	76,8	4699,9	—	4699,9	464
Carinthie.	Klagenfurt.	18,1	953,5	654,3	2821,7	4447,6	48,4	4496,0	211
Carniole.	Laybach.	—	1745,6	879,8	250,3	2864,7	1377,1	4241,8	341
Région des côtes de l'Adriatique.	Id.	9,0	—	82,3	44,6	135,9	—	135,9	14
Tyrol.	Hall.	27,1	374,8	657,1	355,8	1743,8	302,4	2046,2	95
Salzburg.	Id.	176,1	199,8	—	155,5	355,4	34,5	399,9	25
	Total partiel.	312,3	5374,1	14664,2	4276,6	24627,3	1762,4	26389,7	1,688
Bohême.	Pilsen.	27,1	1550,9	6532,7	843,9	8954,6	27,1	8981,7	1,016
Id.	Elbogen.	1147,1	576,6	5195,8	420,6	7340,1	59,0	7399,1	904
Id.	Kommotau.	191,7	140,9	11105,3	144,5	11582,4	70,0	11652,4	964
Id.	Küttenberg.	112,9	954,5	3888,9	1037,0	5993,3	9,4	6002,7	568
Id.	Prague.	502,7	1986,3	5436,0	185,8	8110,8	—	8110,8	967
	Total partiel.	1981,5	5189,2	32178,7	2631,8	41981,2	165,5	42146,7	4,419
Moravie.	Olmutz.	4,5	340,1	2463,5	227,0	3035,1	1,4	3036,5	1,455
Silésie.	Id.	67,7	1000,6	1918,4	18,1	3004,8	—	3004,8	840
Gallicie, cercle de Cracovie.	Cracovie.	—	2710,4	10518,0	1886,9	15115,3	32,4	15147,7	1,822
Id. Lemberg.	Lemberg.	—	194,2	364,5	—	558,7	112,7	671,4	310
Buchowine.	Id.	9,0	31,6	—	27,1	67,7	32,6	100,3	—
	Total partiel.	81,2	7076,9	15264,4	2159,1	24581,6	179,1	24760,7	4,425
Hongrie, cercle de Ofen	Ofen.	149,6	89,7	—	53,5	292,8	—	292,8	768
Id. OEdenburg.	Id.	—	237,0	36,1	18,1	291,2	—	291,2	1,250
Id. Presburg.	Neusohl.	5532,5	494,9	36,1	526,2	6589,7	20,4	6610,1	475
Id. Kaschau.	Kaschau.	135,4	1036,1	—	709,1	1880,6	102,4	1983,0	590
Id. Grosswardein	Nagybania	975,3	115,2	—	53,9	1144,4	—	1144,4	124
	Total partiel.	6790,8	1972,9	72,2	1562,8	10198,7	122,8	10321,5	3,187
Voïvodie.	Oravicza.	7,9	626,2	—	490,9	1125,0	1,1	1124,1	820
Transylvanie (Siebenbürgen).	Zalathna.	849,9	163,3	221,5	53,0	1287,7	159,7	1447,4	591
Croatie, Slavonie.	Agram.	—	81,3	307,1	27,1	415,5	580,4	995,9	447
Confins milit. de Croatie.	Id.	—	126,4		356,8	483,2	139,6	622,8	131
Id. du Banat.	Oravicza.	—	150,4		82,0	232,4	63,3	295,7	85
	Total partiel.	857,8	1143,8	528,4	1009,8	3541,8	944,1	4485,9	1,872
Royaume lombard-vénitien.	Bellune.	—	—	72.3	76,8	149,1	—	149,1	17
Dalmatie.	Zara.	—	—	36,1	158,0	194,1	—	194,1	8
	Total partiel	—	—	108,4	234,8	343,2	—	343,2	25
	Total général de 1859	10025,8	20759,0	62096,5	11674,9	104554,0	3174,1	107728,1	15,616
	Id. 1858	10095,5	19688,9	59796,4	11114,2	100692,8	2647,7	103340,4	
	Id. 1857	11168,8	19683,5	56779,7	10405,2	98055,5	1196,0	99251,5	
	Id. 1856	11086,6	19828,2	55498,0	10500,1	96912,4	668,6	97581,6	

En passant en revue les différents États, nous voyons que l'exploitation du fer ainsi que celle de la houille dominent dans les pays de la région des Alpes. Le groupe des mines diverses, parmi lesquelles sont principalement des mines de plomb et de mercure, y occupe aussi une surface assez étendue; mais, d'un autre côté, l'exploitation de l'or et de l'argent y est insignifiante.

En Bohême, l'exploitation houillère occupe plus des 3/4 de la surface concédée; son étendue dépasse celle des houillères de tout le reste de l'empire. Les minières de fer y sont à peu près aussi considérables que dans la région précédente; les métaux nobles s'y exploitent en assez grande abondance, tandis que les mines diverses n'y sont que très-peu représentées Les mines d'or et d'argent de la Bohême occupent la cinquième partie, à peu près de la surface totale affectée à ces mines dans les États autrichiens.

L'exploitation de la houille domine aussi dans la Moravie, la Silésie, la Gallicie occidentale; il en est de même de celle du fer, mais à un moindre degré. Quant à la Gallicie orientale et à la Buckowine, l'exploitation y est très-restreinte.

La plus grande étendue de mines d'or et d'argent se trouvent dans la Hongrie et dans le Siebenbürgen, soit à peu près les 4/5 de l'étendue totale de ces mines pour l'empire entier En Hongrie, c'est spécialement dans les districts miniers de Kaschau et de Neusohl que se trouvent le plus de mines de fer et de mines diverses (de cuivre surtout); l'exploitation houillère, au contraire de même que dans le Siebenbürgen et la Voïvodie, y est peu étendue. probablement parce que, avant 1859, le droit d'extraction appartenait au propriétaire du sol et que les houillères existant de fait doivent, seulement maintenant, obtenir les concessions légales.

On ne voit que des surfaces très-restreintes occupées par l'exploitation dans le Lombard-Vénitien, de même que dans la Dalmatie.

Rangeant les différents États d'après l'étendue de leurs concessions, on obtient l'ordre suivant :

TABLEAU B.

DÉSIGNATION DES ÉTATS.	SURFACES CONCÉDÉES.	DÉSIGNATION DES ÉTATS.	SURFACES CONCÉDÉES.
	hect		hect.
Bohême.	42,146	Tyrol	2,046
Gallicie occidentale .	13,148	Transylvanie (Siebenburgen). . . .	1,447
Hongrie	10,321	Voïvodie serbe. . .	1,124
Styrie	6,712	Croatie et Slavonie .	996
Moravie.	5,836	Confins militaires .	918
Carinthie	4,496	Gallicie orientale. .	671
Autriche inférieure à l'Enns	4,493	Salzburg	400
Carniole	4,242	Dalmatie	1[illegible]4
Autriche supérieure.	3,874	Lombard vénitien .	149
Silésie	3,003	Côtes de l'Adriatique	134
		Buchovine	100

De toute la surface concédée à l'industrie il y a 3174 hect. d'exploitation à ciel ouvert (*Tagmassen*) qui ne vont qu'à la profondeur des roches solides et le reste, environ 104,540 hect., est affecté aux exploitations souterraines (*Grùbenmassen*) dans lesquelles on exploite à toute profondeur.

L'État exploite, soit seul, soit avec des tiers, 18 °/₀ des surfaces concédées. et le reste, 82 °/₀, est abandonné à l'exploitation privée. Si l'on répartit ces exploitations impériales et privées d'après les matières extraites on a des surfaces de

27,9 °/₀ dans l'exploitation impériale,			5,5 °/₀ dans l'exploitation privée pour			les mines de *métaux nobles*.
9,3	»	»	»	24,2	»	*fer*.
50,6	»	»	»	59,5	»	*charbon*.
12,2	»	»	»	10,8	»	*diverses*.
100				100		

On voit que, dans les exploitations de l'État aussi bien que dans les exploitations privées, la houille est extraite sur plus de la moitié de la surface totale; le reste de cette surface est surtout consacré aux métaux nobles dans les exploitations de l'État et aux minerais de fer dans les exploitations privées.

Après avoir mentionné les concessions, c'est-à-dire les propriétés existantes, disons un mot des propriétés futures, de celles qui prendront naissance par des concessions nouvelles et pour l'obtention desquelles il y a tant de recherches entreprises; nous verrons mieux encore par là que l'Autriche, loin de rester stationnaire, se prépare de nouveaux champs d'exploitations avec un zèle vraiment remarquable.

Pour être déclaré inventeur et concessionnaire d'une mine, il faut au préalable avoir reçu un permis au moyen duquel on peut faire toutes les recherches nécessaires dans un rayon de 425^{m} (224 klafters) soit sur une surface de 18 hectares à peu près.

A la fin de 1859, le nombre de ces permis était de 15,616, donnant une surface de recherche de 856,000 hectares. Il est bien entendu qu'on ne peut faire aucune recherche sur un terrain déjà concédé et qu'on ne comprend pas non plus dans ce chiffre les surfaces enclavées entre plusieurs siéges de recherches.

De tous les états de la couronne, c'est la Bohême qui est la plus travaillée dans ce but, et on y a délivré 4419 permis; vient ensuite la Hongrie avec 3187 (1). La Moravie et la Silésie en comptaient 2295, la Gallicie occidentale 1822, la Région des Alpes 1688, le Banat 820 (voir (1)). A cette époque, le nombre de permis dans les autres états était très-restreint; il n'en avait même été délivré aucun pour la Buckovine.

Le tableau qui suit donne les rapports des surfaces territoriales avec les surfaces concédées :

---

(1) Notons toutefois cette circonstance, qui découle de ce que nous avons dit ci-dessus, que tous ces permis délivrés en Hongrie, en Bohême et dans le Banat, ne l'ont pas été uniquement pour la recherche de la mine, mais aussi pour l'obtention de concessions régulières que les houillères déjà existantes devaient réclamer.

TABLEAU C. — Rapport des surfaces territoriales avec celles concédées ou en recherches.

DÉSIGNATION DE L'ÉTAT OU DE LA DIVISION POLITIQUE.	DISTRICTS MINIERS	SURFACES TERRITORIALES	SURFACES		SUR 1,000,000 MÈTRES CARRÉS DE SURFACE TERRITORIALE IL Y EN A			La surface concédée est à la surface des recherches :: 1 :
			CONCÉDÉES	EN RECHERCHES	EN SURFACE CONCÉDÉE.	EN SURFACE DE RECHERCHE.	TOTAL.	
		hectares.	hectares.	hectares.				
Autriche supérieure.	St-Pölten.	1 984 262	4 495,6	20 315,6	2 266	10 239	12 505	4,5
Id. inférieure.	Id.	1 200 787	5 873,9	2 156,4	5 226	1 796	5 022	0,6
Styrie	Leoben.	959 788	2 012,5	8 171,6	2 097	8 514	10 611	4,1
Id.	Cilly.	1 287 705	4 699,8	26 330,9	3 650	20 448	24 098	5,6
Carinthie	Klagenfurt.	1 058 297	4 495,9	11 975,7	4 330	11 332	15 862	2,6
Carniole	Laybach.	999 765	4 252,8	19 550,9	4 254	19 555	23 589	4,6
Région des côtes de l'Adriatique . .	Id.	799 603	135,9	794,5	170	994	1 164	5,8
Tyrol	Hall.	2 880 691	1 897,5	5 391,0	658	1 872	2 530	2,8
Salzburg	Id.	717 255	546,0	1 305,2	761	1 820	2 581	2,4
	Total partiel et moyenne.	11 868 134	26 389.7	95 789,8	2 224	8 071	10 295	3,6
Bohême	Prague.	586 310	8 110,8	54 874,8	13 834	93 593	107 437	6,8
Id.	Elbogen.	436 955	7 599,2	51 299,8	16 934	117 403	134 337	6,9
Id.	Brux (Kommetau).	632 505	11 632.4	54 704,6	18 425	86 373	104 798	4,7
Id.	Pilsen.	941 299	8 981,7	54 055,5	9 542	61 251	70 793	6,4
Id.	Kuttenberg.	2 605 347	6 002.7	32 252 6	2 306	12 381	14 687	5,4
	Total partiel et moyenne.	5 200 416	42 146,8	247 167,5	8 105	48 219	56,324	6.0
Moravie	Olmütz	2 225 050	5 856.5	82 434 2	2 625	37 058	39 681	14,1
Silésie.	Id.	515 252	3 004,8	47 607,9	5 832	92 517	98 349	15,9
Gallicie, Cracovie .	Cracovie.	2 302 752	15 147,7	105 394,0	6 578	44 901	51 479	6,8
Id. Lemberg .	Lemberg.	5 334 668	671,4	17 391,7	121	3 178	3 299	26,2
Buckovine. . . .	Id.	1 044 405	100,4	—	96	—	96	—
	Total partiel et moyenne.	11 622 067	24 760,8	251 107,8	2 130	21 609	23 739	10,1
Hongrie, Ofen . .	Ofen.	3 491 634	292,7	43 582,0	84	12 585	12 669	149 8
Id. OEdenburg	Id.	3 551 751	291,2	69 799,5	82	19 672	19 754	239,7
Id. Pressburg .	Neusohl.	3 473 222	6 610,5	26 955,1	1 903	7 761	9 664	4,1
Id. Kaschau .	Kaschau.	3 949 401	1 982,9	33 481,0	502	8 477	8 979	16,9
Id. Grosswardein	Nagybanya.	3 324 486	1 144,4	7 036.7	325	1 997	2 322	6,1
	Total partiel et moyenne.	17 990 496	10 321,5	180 854,5	574	10 053	10 627	17.5
Voïvodie et Banat .	Oravicza.	3 001 651	1 124,1	46 533,0	374	15 502	15 876	41,4
Transylvanie (Siebenburgen . . .	Zalathna.	6 072 595	1 447.5	22 188,5	238	3 654	3 992	15,4
Croatie et Slavonie .	Agram.	1 855 177	995,8	25 366,1	545	13 857	14 380	25,5
Confins militaires de Croatie.	Id.	1 952 640	622,8	7 455,9	319	3 807	4 126	11,9
Id. du Banat.	Oravicza.	1 405 440	295,7	4 710,1	210	3 351	3 561	16,0
	Total partiel et moyenne.	14 265 504	4 485.9	106 231,4	314	7 447	7 761	25,6
Royaume lombard-vénitien.	Bellune.	2 315 737	149,0	964,7	59	383	442	6,5
Dalmatie	Zara.	1 280 448	194,2	454,0	152	355	507	2,5
	Total partiel et moyenne.	3 796 185	343.2	1 418.7	90	374	464	4.2
	Total général et moyenne.	64 742 803	108 448,0	882 569,5	1 675	13 687	15 562	8,2

Nous voyons par ce tableau qu'en moyenne pour l'empire entier (1), sur 1,000,000 de mètres de surface territoriale, il y en a :

	1675	concédés
et	13687	sur lesquels on a autorisé les recherches
Soit un total de	15362	

ou environ les 0,17 °/₀ de la surface totale qui sont concédés.

Le rapport des surfaces en recherches avec celles des concessions est = 8,2 : 1 à peu près

Si l'on considère chaque état en particulier, les chiffres varient beaucoup pour chacun d'eux; la Lombardo-Vénétie présente le minimum de surface concédée, c'est-à-dire 59/1.000.000 de la surface totale, et la Bohême le maximum, spécialement les districts miniers de Brux, Elbogen, Prague et Pilsen dans lesquels les surfaces concédées sont respectivement de 18425, 16934, 13834 et 9342$^{m^2}$ sur 1,000,000 de surface territoriale.

C'est pour ces districts et aussi pour la Silésie, la Gallicie orientale et la Moravie, que l'on a délivré le plus de permis; le district d'Elbogen présente le maximum : on y a autorisé les recherches sur près de 12 °/₀ de la surface.

Dans la partie orientale de la monarchie, on n'arrive pas à des chiffres aussi élevés; ainsi. pour la Hongrie, on a à peine 1/2 °/₀₀ ; dans la Transylvanie, le Banat. la Croatie, on a, à peu près, 0,3 °/₀₀.

On conclut de l'examen général du tableau C que les surfaces concédées diminuent en étendue d'autant plus qu'on se dirige de l'E. vers l'O. et que c'est l'inverse qui a lieu pour les surfaces de recherches.

On trouve, par exemple, que sur 1 hectare concédé, il y a en surface de recherche :

hectares	
3,6	dans la région des Alpes
6,0	en Bohême.
10,1	en Moravie, Silésie et Gallicie orientale
17,5	en Hongrie.
23,6	dans la Transylvanie, le Banat, la Croatie et les confins.

---

(1) En nombres ronds, la surface entière de l'empire est répartie comme suit:

31,1 °/₀	consacrés à la culture.
1,1	» aux vignobles.
12,2	de prairies et jardins.
13,6	pâturages
27 0	de forêts.
14,8	de terrains improductifs.

Ces chiffres n'ont pas une réalité absolue (V. la note (1) de la page 128). Toutefois, ils sont assez éloquents pour nous montrer que l'esprit d'entreprise et l'activité industrielle pénètrent à grands pas dans cette partie orientale de la monarchie et préparent à l'exploitation future un succès infaillible.

Si nous comparons un instant ce qui se passe en Autriche avec ce qui a lieu en Belgique, nous voyons (Statistique de la Belgique, 1851 à 1855) :

Surface concédée aux houillères	en 1855	130,581	hectares.
» » minières	»	46.471	»
	Total,	177,052	»

ce qui, comparé à la surface territoriale, donne :

Aux concessions de houillères	4,32	sur 100 de la surface totale du pays.			
» » minières	1,38	»	»	»	»
Soit un total concédé de	5,7 °/₀	»	»	»	»

En France, la surface des concessions houillères seules comporte, à peu pres, les 0,9 °/₀ de la surface territoriale. En résumé, on a concédé :

En Autriche, les 0,17 °/₀ de la surface totale.

En France, les 0,90 de la surface totale pour la houille seulement.

En Belgique, les 5,7.

En Belgique, en 1855, le nombre des concessions était de 295; en France de 462, dont 286 en activité, et en Autriche, le nombre peut être approximativement évalué à 1500, de sorte que, tout calcul fait, nous arrivons aux surfaces suivantes pour une concession.

En Autriche, 100.
En Belgique, 960.
En France, 2300.

Ces chiffres montrent le plus grand défaut, peut-être, de l'exploitation autrichienne, c'est-à-dire, le morcellement indéfini en entreprises peu importantes, ce qui ne peut jamais produire de bons résultats durables.

En Belgique, la réunion des concessions est encore actuellement un des moyens de rendre fructueuse l'exploitation de certaines mines qui, seules, ne peuvent marcher avec profit; ainsi, de 1845 à 1858, le nombre des concessions a diminué de 311 à 290, quoique, dans cette période de temps, on ait encore accordé des concesssions nouvelles.

Il n'y a pas, en Autriche, que les mines de houille qui soient ainsi morcelées : il en est de même pour tous les genres de mines et à un degré bien plus fort encore. Ainsi, il existe quelques États, la Transylvanie par exemple, où beaucoup d'exploitations n'ont pour ouvriers que les membres de la famille du propriétaire.

Les exploitations autrichiennes se subdivisent en exploitations à ciel ouvert et en exploitations souterraines.

a) Les exploitations souterraines comportent une surface de 104,534 hectares, dont :

10,024	hectares pour les mines des métaux nobles.		
20,759	»	»	de fer.
62,096	»	»	de houille.
11,675	»	»	de minerais divers.

b) Les exploitations à ciel ouvert comprennent une surface de :

292 hectares pour les mines de métaux nobles.
2,882 hectares pour les minières de fer et de quelques autres métaux.

L'exploitation du charbon de terre a lieu sur plus de la moitié des surfaces concédées, tandis que celles réunies des minerais divers et des métaux nobles n'occupent pas encore une surface aussi grande que celle des minières de fer.

Les chiffres précédents ne peuvent être qu'approximatifs, vu que le droit minier autrichien permet au concessionnaire d'une mine de houille, par exemple, d'exploiter dans la surface qui lui a été concédée tout autre minerai qui y est exploitable ; mais tout approximatifs qu'ils sont, ils ont assez d'exactitude et certainement assez d'éloquence pour nous faire voir que l'activité minière se dirige surtout, en Autriche, vers l'exploitation du charbon de terre et des minerais de fer.

Ce résultat s'appréciera mieux encore par l'examen du tableau D qui suit :

TABLEAU D.

ANNÉES.	SURFACES CONCÉDÉES POUR L'EXPLOITATION					OBSERVATIONS
	DE MÉTAUX NOBLES	DE MINERAIS DE FER.	DE CHARBONS	D'AUTRES MINERAIS.	TOTAL.	
1856	11284,0	20299,5	55408,0	10500,1	97581 6	Sont comprises dans ces surfaces, les concessions à ciel ouvert aussi bien que les concessions souterraines.
1857	11366,1	20682,2	56779,7	10403,2	99231,2	
1858	10539,4	22090,4	59796,4	11114,2	103540,4	
1859	10316,1	25640,8	62816,3	11674,8	108448,0	

Ce tableau montre encore que, dans le courant de ces 4 années, on a vu augmenter les surfaces concédées à l'exploitation du minerai de fer de 16,5 %

»	»	»	»	de la houille,	» 15,2 %
»	»	»	»	des minerais divers,	» 11,2 %

tandis que celles consacrées à l'exploitation des métaux nobles a diminué de 8,6 %. Il est vrai qu'on peut attribuer une grande partie de cette diminution à l'abandon de certaines mines à peu près épuisées ou présentant très-peu d'espérances, lors de l'introduction d'impôts miniers en 1855. Mais cette cause a agi aussi bien sur les exploitations de la houille, etc., que sur celles consacrées aux métaux nobles. Ce résultat est donc en concordance parfaite avec ce que nous avons dit tantôt, à savoir que l'exploitation et l'esprit industriel de l'Autriche se portent de plus en plus vers les substances qui forment la base de l'industrie et que, là comme partout, une mine de fer vaut mieux qu'une mine d'or.

L'avenir ne diminuera pas cette importance du fer et de la houille; aussi, sans posséder aucune donnée détaillée sur les 15,616 permis de recherches qui ont été délivrés, nous pouvons affirmer que la plupart concernent la houille et le fer, tandis que bien peu se rapportent aux métaux nobles ou aux minerais divers.

B. *Production des mines autrichiennes.*

L'Autriche exploite une telle variété de produits, qu'aucune autre nation ne peut lui être comparée sous ce rapport. A côté de l'or et de l'argent, ainsi que des diverses espèces de charbon minéral, ses mines fournissent une quantité remarquable de cuivre, de plomb, de mercure, de zinc, de nickel, de cobalt, d'antimoine, de soufre, d'alun, de vitriols, et d'autres produits minéraux très-rares. Le tableau qui suit nous donnera une idée de cette production, ainsi que de sa valeur pour l'année 1859.

PRODUITS.	QUANTITÉS.	VALEUR. en fr
	kilog.	
Or.	1 646.627	5,557,502
Argent	34 527.154	7,714,845
Valeur totale,		13,272.147
	tonnes.	fr.
Fonte d'affinage . . .	278,100	42,913,547
Fonte de moulage . . .	39,242	10,788,037
Valeur totale,		53.701.584
	tonnes.	fr.
Houille	1,703,716	13,761,775
Lignite	1,327,336	8,045,912
Anthracite	852	6,500
Valeur totale,		21,814.187
	tonnes.	fr.
Cuivre	2,346	6,665.075
Plomb	6,168	3,975,505
Litharge	1,280	802 972
Minerai de plomb exporté	1,912	411,627
Mercure	336	1,828,285
Nickel et cobalt . . .	381	512,040
Zinc	1,246	578 930
Minerai de zinc . . .	3,304	117,332
Antimoine cru et régule .	593	316.177
Minerai d'antimoine . .	91	10,580
Arsenic	45	14,260
Soufre	1,316	379,180
Pyrite	7.353	99.920
Sulfate de fer	3,174	265,167
Sulfate de cuivre . . .	136	124.687
Alun	1,367	330,355
Schistes alumineux et vitrioliques	36,192	24,735
Graphite.	4,891	153,360
Manganèse oxydé . . .	64	2,032
Minerai de chrôme . .	40	4 725
Étain.	31	165,747
Bismuth	0,17	1,365
Minerai de titane (wolfram)	28	7,052
Minerai d'urane . .	3,5	41,252
Couleurs minérales (orpiment)	1,5	245
Minerai d'argent . . .	31	3,707
Id. de cuivre . . .	3,661	185.305
Id. de fer	27,189	454,467
Pierre d'asphalte . . .	528	3,752
Asphalte.	66	9,542
Valeur totale,		17,489,357
Total général de la valeur.		106 277.475

OBSERVATIONS.

a) Pour la transformation des mesures autrichiennes en mesures métriques, nous avons compté 56 kg pour le centner de Vienne, ce qui revient à 0k,560 pour la livre de 2 marcs. – Le gulden vaut 2f,50 et les tonnes, que nous donnons dans ce tableau, sont de 1000k.

b) Les valeurs inscrites dans ce tableau sont celles des matières sur les lieux de production. On peut les considérer comme minima, car les propriétaires, qui doivent payer l'impôt sur leur production, sont toujours tentés de déclarer le moins possible.

c) On n'a inscrit, dans ce tableau, que les minerais qui entraient comme tels dans le commerce ou qui étaient exportés.

d) Il n'a pas été possible d'y inscrire les quantités de fer ni d'acier, mais seulement la fonte, parce que ni les fabriques de fer ni celles d'acier ne ressortent de l'administration des mines.

En répartissant ces différentes valeurs en quatre colonnes principales, on voit que:

l'exploitation des métaux nobles a produit pour	13,272 147	fr.	ou	12,2 %
» » minerais de fer » »	55,701,584	»	»	52,1 %
» » charbons de terre » »	21,814,187	»	»	19 6 %
» » autres substances » »	17,489,557	»	»	16,1 %
Soit une valeur totale de	106,277,475	»	»	100

Ces chiffres sont aussi assez intéressants : on voit que c'est l'exploitation des minerais de fer qui tient encore le premier rang, en donnant des produits dont la valeur excède la moitié de la valeur de la production générale de l'empire ; la houille obtenue est d'une valeur 1 1/2 fois plus forte que l'or et l'argent réunis ; enfin la houille et les minerais de fer extraits forment à eux seuls, les 3/4, à peu près, de la valeur totale des produits qu'a livrés l'exploitation autrichienne.

En considérant la valeur des matières extraites par les différents états de la couronne, ceux ci peuvent se ranger comme l'indique le tableau F suivant.

TABLEAU F. — Classement des divers États de l'Empire, d'après la valeur de leur production minérale.

DÉSIGNATION DES PAYS	VALEUR DE LA PRODUCTION (EN CHIFFRES RONDS) (1). MILLIONS DE FRANCS.				VALEUR TOTALE.
	EN OR ET ARGENT.	EN FER	EN CHARBONS	EN AUTRES SUBSTANCES	
1. Hongrie . . .	6,25	9,00	2,32	6,17	23,75
2. Bohême . . .	3,00	9,00	7,90	2,35	22,25
3. Styrie		16,50	2,55	0,20	19,25
4. Carinthie . . .		5,00	0,30	0,20	8,00
5. Moravie . . .		4,50	2,05	0,20	6,75
6. Transylvanie. .	3,75	1,00	+	0,25	5,00
7. Silésie. . . .	+	1,02	3,10	+	4,25
8. Voïvodie et Banat	+	2,50	1,07	0,67	
9. Carniole . . .		1,25	0,35	1,90	
10. Gallicie occidenle		0,77	0,60	0,62	
11. Autriche inférieure		0,65	0,90	+	
12. Tyrol	+	0,65	0,10	0,75	
13. Salzburg . . .	+	0,77		0,72	
14. Venise. . . .			0,07	0,92	
15. Confins militaires	+	0,47	+	0,27	
16. Buckowine . .		0,40		0,10	
17. Gallicie orientle.		0,20	0,05	+	
18. Autriche supére .	+		0,17	+	
19. Région des côtes.			0,15	+	
20. Croatie . . .		0,05	+	0,05	
21. Dalmatie . . .			0,05	+	
Empire entier ,	13.27	53.70	21.81	17.48	

Nous voyons que de ces 21 pays, 1° il n'y en a que 6 dont la production atteigne ou dépasse une valeur de 5,000,000 de francs. Les mines de ces pays, Hongrie, Bohême, Styrie, Carinthie et Moravie ont produit une valeur totale de 85 millions, et celles de tous les autres états réunissent à peine 26 millions; 2° il n'y en a que trois, la Hongrie, la Transylvanie et la Bohême, qui aient des exploitations d'or et d'argent quelque peu importantes; 3° c'est la Styrie qui produit le plus de fer, puis viennent la Bohême, la Hongrie, la Carinthie et le Banat; les autres états n'en produisent guère; 4° pour l'exploitation des houilles, c'est la Bohême qui a le premier rang et après elle la Silésie, la Styrie, la Hongrie, la Moravie, etc.

Considérons maintenant ces données en ayant égard aux surfaces territoriales et au nombre des habitants; le tableau suivant nous donne tous les renseignements nécessaires.

(1) Les pays désignés par le signe + n'ont qu'une exploitation insignifiante

Rapport entre la valeur des matières extraites en 1859, le nombre des habitants et la surface de chaque État.

DÉSIGNATION DE L'ÉTAT OU DE LA DIVISION POLITIQUE.	DISTRICT MINIER.	NOMBRE D'HABITANTS.	VALEUR DE LA PRODUCTION MINÉRALE.	
			PAR HECTARE DE SUPERFICIE.	PAR 1000 HABITANTS
			fr.	fr.
Autriche inférre à l'Enns	St-Pölten.	1,681,697	0,79	937,50
Id. supérieure .	Id.	707,450	0,16	265,00
Styrie	Leoben.	202,292	18,46	87,637,50
Id.	Cilly.	854,481	1,09	1,642,50
Carinthie	Klagenfurt.	332,436	7,70	24,054,00
Carniole.	Laybach.	451,941	3,50	7,747,50
Région des côtes . .	Id.	520,978	0,21	415,00
Tyrol.	Hall.	851,016	0,52	1,747,50
Salzburg	Id.	146,769	1.73	8.450,00
	Total partiel,	5,749,080	2,97	6,140,00
Bohême	Prag.	653,614	21,49	19,220,00
Id.	Elbogen.	352,195	4,25	3,272,50
Id.	Brux.	651,145	2,94	2,857,50
Id.	Pilsen.	657,460	3,88	3,560,00
Id.	Kuttenberg.	2,589,111	0.85	927,50
	Total partiel.	4.703.525	4,26	4.715,00
Moravie	Olmütz.	1,867,094	3,00	3,373,00
Silésie	Id.	443,912	8,04	9,352,50
Gallicie distt de Crakovie	Cracovie.	1,584,621	0,88	1.277,50
Id. id. Lemberg.	Lemberg.	3,012,849	0,05	87,50
Buckovine	Id.	456,920	0,61	1,402,50
	Total partiel.	7.365,396	1,18	1,867.50
Hongrie, distt d'Ofen.	Ofen.	1,769 451	0,22	442,50
Id. id. OEdenburg	Id.	1,814,229	0,45	892,50
Id. id. Pressburg	Neusohl.	1,651,171	2,07	4,565,00
Id. id. Kaschau.	Kaschau.	1,343,386	3,09	9,105,00
Id Grosswardein	Nagybanya.	1,547,548	0,55	1,267,50
	Total partiel,	8.125.785	1.32	2 940,00
Voïvodie et Banat . .	Oravicza.	1,540,049	1,41	2,742,50
Siebenburgen . . .	Zalathna	2.172,748	1,12	2,333,00
Croatie et Esclavonie.	Agram.	865,009	0,05	107,50
Frontre milre de Croatie	Id.	674,864	0,12	350,00
Id. id. Banat.	Oravicza.	390.058	0,35	1.270,00
	Total partiel,	5,642,728	0,72	1,802.50
Royme lombd-vénitien	Bellune.	2.444,951	0.40	412,50
Dalmatie.	Zara	404.499	0,05	102,50
	Total partiel,	2,849.450	0.28	370,00
	Total général.	34.437.964	1.64	3.085,00

L'examen des changements que les valeurs des produits de l'exploitation autrichienne ont subis depuis 37 ans, montre qu'elles ont sans cesse augmenté, et que les rapports entre les divers produits ont été singulièrement altérés; le tableau ci dessous permet de constater ce fait :

Valeur de la production annuelle.

ANNÉES	EN MÉTAUX NOBLES.	EN FONTE.	EN CHARBON.	EN SUBSTANCES DIVERSES.	TOTAL
1825 a 1827	100	100	100	100	100
1853 à 1857	141	489	1924	176	546
1857	135	538	1924	174	561
1858	125	559	2234	164	574
1859	147	506	2202	185	567

La valeur moyenne de 1825 à 1827 que nous avons représenté par 100 dans ce tableau était de fr.

8,999,767,50 pour les métaux nobles.
10,608.655 00 » la fonte . . . . } soit 38,6 °/₀ de la valeur totale
990,457,50 » le charbon . . . }
9,433.622,50 » les autres substances.
28,934 757,50 pour la valeur totale

On voit donc que la valeur de la production annuelle de la fonte a plus que quintuplé, et que celle du charbon est devenue 22 fois plus forte, tandis que celle des deux autres groupes n'a pas même doublé.

Les groupes (métaux nobles et substances diverses) qui, en 1827, avaient la prépondérance, ont pris le dessous : de 61,4 °/₀ leur produit est tombé à 24 2 °/₀ de la valeur totale; et les deux autres groupes (fonte et charbon) qui, en 1827, ne produisaient qu'une valeur de 38,6, ont donné, en 1858, les 75,8 °/₀ de la valeur totale.

Nous empruntons le tableau qui suit à un extrait de statistique que M. Callon a publié dans les *Annales des Mines*. Les chiffres des années 1856, 1857 et 1858 ont été donnés par le *Zeitschrift für das Berg-Hütten-und Salinen-Wesen* de M. de Carnall.

Nous renvoyons nos lecteurs à cet extrait (1) où ils pourront voir d'une manière détaillée les diverses productions de chaque état, le nombre des ouvriers employés, des accidents survenus, des divers appareils en usage dans les mines et usines de l'empire d'Autriche, etc.

M. Callon a mis les résultats de l'année 1853 en regard de ceux de 1859, ce qui facilite beaucoup les comparaisons.

Le tableau que nous en détachons, nous donne la statistique annuelle des principaux produits de l'industrie minière et métallurgique de l'Autriche; on peut y voir facilement les diverses variations qu'elle a subies de 1853 à 1859.

(1) *Annales des mines*, 2e livraison de 1861, p. 283.

NATURE DES PRODUITS.	1855	1856	1857	1858	1859	DIFFÉRENCE DE 1855 A 1859. AUGMENTATION. TOTAL.	°/o	DIMINUTION. TOTAL.	°/o
A. *Combustibles minéraux.*									
Houilles. . . . . . tonnes.	1,180,445,073	1,287,645,481	1,397,636,718	1,610,179,673	1,804,580,536	624,135,463	53	»	»
Lignites.	920,601,036	1,038,393,824	1,103,710,499	1,300,515,648	1,327,359,671	406,758,612	44	»	»
B *Métaux.*									
Or . . . . kil.	1,478.454	2,912,830	2,722,400	2,470,450	1,646,625	168,173	11	»	»
Argent	35,016,318	39,615,450	35,394,730	31,858,630	34,527,134	»	»	489,184	1
Fonte . . . . . . tonnes.	273,968,822	287,526,831	377,807,633	333,481,251	317,347,529	41,378,707	15	»	»
Cuivre	2,532,287	2,531,002	1,891,770	2 308,733	2,546,328	14,341	»	»	»
Plomb	7,803,191	5,530,735	5,991,993	5,361,760	6,168,230	»	»	1,634,961	21
Mercure.	213,262	255,925	401.973	242,540	353,689	140.427	61	»	»
Zinc	933,936	844,887	1,034,611	1,579,752	1 246,189	312,253	33	»	»
C. *Autre catégorie de produits.*									
Litharge	406,902	1,591,065	1,569,260	1,300,325	1,280,351	873,449	215	»	»
Speiss de nickel	7,336	17,808	11,480	12,992	3,696	»	»	3,640	50
Acide arsénieux	75.344	30,009	32,921	65 555	43,458	»	»	32,086	42
Soufre	1,387,984	1.452.218	1,565 635	1,447,962	1,316 115	»	»	71 869	5
Sulfate de fer	4,605,328	2,517,265	2,595.374	3,100,999	3,173,632	»	»	1,431.696	31
Sulfate de cuivre	213 024	87,418	185,083	97,030	135,690	»	»	77,334	36
Alun.	1,315.104	1,489,011	1,367,576	1,360,380	1.366,984	51,880	4	»	»
D. *Minerais qui n'ont pas été traités dans le pays.*									
Minerais de cobalt et de nickel	236.449	125,610	388,333	341,774	370.982	134,533	57	»	»
Id. de zinc	3 901.016	3,464.242	3,255,869	3,916 730	5 304,303	1.403,287	36	»	»
Pyrite	705,421	396,019	4,404,647	3,674 842	7,434.005	6,730,588	96	»	»
Schistes alumineux et vitrioliques	56,261,767	57,645,704	26,669,020	26,252,575	56,192,326	»	»	69,441	»
E. *Autres produits de mines.*									
Graphite	3.606,340	5,365,835	4,097,395	4,399,665	4,890,905	1,284,565	36	»	»
Asphalte	155 064	»	4.760	1.400	66,529	»	»	88,535	58

Comparons, pour terminer, la production autrichienne avec celle des différents pays où l'exploitation est le plus prospère, sous le rapport de la quantité de fonte produite et de charbons extraits.

ÉTATS.	ANNÉES.	TONNES DE CHARBON.	TONNES DE FONTE.	OBSERVATIONS.
1. Grande-Bretagne .	1859	73,059,461	3,768,597	
2. États-Unis . . .	1860	15,099,182	(1) 850,000	(1) pour 1858
3. Prusse	1859	13,790,764	396,892	
4. Belgique. . . .	1857	8,383,902	302,211	
5. France	1859	7.482.372	862,152	
6. Autriche. . . .	1859	3,131,884	317,344	
7. Saxe	1859	1,519,473	?	
8. Bavière	1858	264,694	44,387	
9. Russie	1857	environ 31,761	env. 213,930	

On voit que l'Autriche tient le 6e rang, pour la quantité de charbons produite; en prenant pour point de comparaison les quantités de fonte, elle tient le 5e rang.

Si on admet les populations données par Galetti, la production, répartie par habitant, varie pour tous les pays, dans l'ordre suivant :

Production moyenne de charbon par habitant :

1	Grande-Bretagne	2,520 kilog.	
2	Belgique	1,795	
3	Prusse.	775	
4	Saxe	715	
5	États-Unis	480	
6	France.	205	
7	Autriche totale	90	
	a) Région occidentale .		205
	b) » orientale . .		22,5
8	Bavière	55	
9	Russie	1	

Production moyenne de fonte par habitant :

1	Grande-Bretagne	130 kilog.		
2	Belgique.	65		
3	États-Unis	27		
4	France	23,5		
5	Prusse	22,5		
6	Bavière	9,5		
7	Autriche totale.	9,5		
			a) Région occidentale .	16.5
			b) » orientale . .	4,5
8	Russie	3,5		

Sous ce double rapport, l'Autriche tient le 7e et le 6e rang et si l'on ne considérait que la partie occidentale, elle prendrait le rang de la France sous le premier rapport et devancerait la Bavière quant au second.

FILTRE A AIR DU DOCTEUR STENHOUSE.

Dans une lettre adressée au lord-maire de Londres, le docteur John Stenhouse constate le succès de son filtre de charbon pour désinfecter les courants qui s'échappent des égouts, dans les applications qui en ont été faites aux grilles de différentes lignes de la canalisation établie sous les rues de la métropole.

Ce filtre consiste en une couche de charbon de bois en poudre grossière, dont le grain peut varier suivant les circonstances, et qu'on place entre deux toiles métalliques fixées à un cadre. Il s'applique facilement aux habitations, aux navires, aux puisards des égouts, etc, etc. Toutes les impuretés que le courant d'air entraîne avec lui sont absorbées par le charbon, et l'air pur traverse seul le filtre.

L'action désinfectante du charbon s'explique par la quantité considérable d'oxygène contenue dans ses pores et qui non seulement absorbe rapidement, mais oxyde les miasmes émis par les substances en décomposition et les réduit aux combinaisons les plus simples qu'on peut obtenir.

Quant à la durée du pouvoir désinfectant du charbon dans ces filtres, M. Stenhouse rappelle que des ventilateurs à charbon, placés avant la fin de 1854 à l'hôtel du lord-maire et à l'hôtel de ville, ont fonctionné jusqu'à présent, sans qu'on ait dû renouveler la couche de charbon qui n'a qu'un demi-pouce d'épaisseur.

Dans toutes les applications qu'on a faites de ces filtres à air, les résultats ont toujours été des plus satisfaisants, et il est à désirer que ce moyen si simple de désinfecter une atmosphère chargée de gaz délétères soit généralement adopté.

VIADUC DE MENANGLE A LA NOUVELLE GALLES DU SUD.

C'est dans le vaste établissement de sir Morton Peto, à Birkenhead, qu'on prépare les fers de cette construction colossale. Le viaduc est destiné au passage du chemin de fer au-dessus de la rivière Vepean, et sera le plus grand ouvrage de cette nature construit en Australie. La fondation se composera de quatre piles en pierres ayant 18 pieds de largeur à la base, 12 pieds à la tête. Deux de ces piles seront assises sur le rocher, dans la partie la plus profonde de la rivière et les deux autres dans les digues de chaque côté L'ouverture entre les piles est de 150 pieds, et elles porteront au sommet deux embrasures pour recevoir les poutres tubulaires. Ces dernières se composeront de plaques de tôle qui seront apportées à pied d'œuvre en longueur de 30 et 40 pieds, puis mises en place sur un échaffaudage en bois. Ces deux poutres doivent porter les pièces de pont, distantes entre elles de trois pieds, sur lesquelles sera établi le tablier en bois. La largeur du viaduc est de 24 pieds et la ligne de rails sera placée sur le côté, afin de laisser la place nécessaire à l'établissement d'une voie de roulage.

La hauteur du tablier du pont au-dessus du lit de la rivière est de 62 1/2 pieds, ou de 6 pieds au-dessus de la ligne des plus fortes crues. La longueur totale du viaduc entre les piles est de 498 pieds, et il a son extrémité reliée, de chaque côté, aux terrassements du chemin de fer, par deux viaducs en charpente, mesurant, celui du nord 980 pieds et celui du sud 434 pieds, ce qui donne à l'ouvrage entier une longueur totale de 1912 pieds. Les piles seront en pierres de grès que fournissent les carrières voisines des travaux.

C'est aux usines de MM. Peto qu'ont été fabriqués tous les fers du pont Victoria sur le St-Laurent au Canada, et ceux du viaduc Menangle, commandés en janvier 1861, devaient être embarqués à la fin de décembre

(*Mechanic's magazine*, mai 1861.)

LIEGE. — IMPRIMERIE DE J. DESOER.

REVUE UNIVERSELLE

DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DES TRAVAUX PUBLICS, DES SCIENCES ET DES ARTS

APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE.

THÉORIE DE LA TREMPE,

PAR

C. E. JULLIEN,

INGÉNIEUR.

Il y a environ un an, au moment où les communications de M. Frémy, à l'Institut, concernant l'acier, préoccupaient le monde savant, un illustre professeur du Conservatoire des arts et métiers nous dit : *Personne n'a donné de théorie de l'acier et personne ne peut en donner une aujourd'hui.* C'était radical ; mais comme voilà dix ans passés que nous avons déposé, à l'Institut, notre premier mémoire sur la théorie de tous les composés solides, rebelles à la nomenclature de Lavoisier ; comme, depuis cette époque, nous avons publié

cinq mémoires connus sur la dite question ; comme, à chaque publication, nous avons conquis de nouveaux adhérents, nous n'hésitons pas à prendre la plume une sixième fois, qui, nous le pensons, ne sera pas la dernière, par la raison que tout ce qui est simple est, non-seulement, très-difficile à exposer, mais encore plus difficile à faire admettre.

Rien de plus simple, en effet, que l'explication de la *trempe;* seulement, pour y arriver, il faut envisager les corps sous un point de vue moins restreint que celui sous lequel on les a envisagés jusqu'ici.

Que l'on ne s'étonne donc pas de nous voir entrer, à propos de cette explication, dans des considérations qui lui paraissent entièrement étrangères et qui, cependant, en sont les éléments.

En deux mots : les phénomènes de la *trempe* ne sont autre chose que les résultats sensibles de changements d'état physique, tantôt favorisés, tantôt empêchés par les circonstances dans lesquelles se trouvent les corps.

Ce qui a particulièrement contribué à égarer la science sur ce point, c'est la nomenclature de Lavoisier qui, prise trop à la lettre, a servi d'arme aux chimistes pour violenter la nature.

En composant sa nomenclature, Lavoisier avait un but qui a été complètement atteint : classer les combinaisons. On en a conclu immédiatement qu'il n'y avait que des combinaisons ; que la dissolution était un accident et l'alliage une propriété particulière aux métaux. Là a été l'erreur, et nous allons démontrer que la dissolution et l'alliage, qui sont une même nature de composés, constituent un véritable état chimique des corps, qui tient autant de place que la combinaison dans la matière inorganique et est la base fondamentale de la matière organique.

PREMIÈRE PARTIE.

Principes.

I. — DE L'ÉTAT PHYSIQUE, DIT *SOLIDE*, DES CORPS.

On peut dire qu'un corps est *solide* quand il n'est ni *liquide* ni *gazeux*. L'un des caractères distinctifs des états *liquide* et *gazeux* étant la *mobilité atomique*, doit-on dire que, dans *l'état solide*, les atômes sont fixes? Non, seulement il faut considérer deux mobilités atomiques, savoir :

La mobilité autour d'un *centre*.

La mobilité suivant une *ligne*.

La cristallisation d'un métal solide et fibreux sous l'influence soit des *vibrations*, soit de la *température*, prouve que la première mobilité existe dans l'état physique solide, tandis que la seconde est l'apanage des deux autres états physiques. Lors donc que l'on définit l'état solide un état physique qui n'est ni liquide ni gazeux, c'est comme si on disait :

Dans l'état *solide*, les atômes sont mobiles autour du centre d'une *sphère fixe* qui leur sert de domicile, tandis que, dans les états *liquide* et *gazeux*, les atômes sont mobiles autour du centre d'une *sphère mobile*.

Cela dit, nous remarquerons que, abstraction faite de l'état de *dissolution*, le corps solide affecte deux variétés distinctes savoir :

La variété cristalline.

La variété amorphe.

La première de ces variétés est caractérisée par la *structure régulière* ou groupement *polyédrique régulier* ou *irrégulier* des atômes.

La seconde de ces variétés est caractérisée par l'absence de structure régulière. Quand le corps est un *métal*, l'état amorphe est caractérisé par une *structure fibreuse*; pour les autres corps, cette dernière varie à l'infini.

Or, voici deux faits sur lesquels nous appelons toute l'attention du lecteur :

1er *fait.*

Si on prend de l'*or*, de l'*argent* ou du *cuivre* liquide et le verse dans une lingotière froide, ce métal se solidifie et, cassé froid, accuse une texture *fibreuse*.

Si, au contraire, on le maintient pendant un temps suffisamment long à une température de très-peu inférieure à celle de sa solidification, ce métal se solidifie et, cassé froid, accuse une texture cristalline.

Si, enfin, on prend le métal froid, *cristallisé* ou *amorphe*, et le soumet pendant un temps suffisamment long à la même température que ci-dessus, ce métal, cassé froid, accuse une texture *cristalline*.

Ainsi, pour que la cristallisation du métal ait lieu, il faut qu'il séjourne pendant un temps plus ou moins long dans un milieu où la température est de très-peu inférieure à celle du changement d'état physique.

2e *fait.*

Si on prend du *carbone* cristallisé, dit *diamant*, et le soumet dans un creuset brasqué à l'action prolongée d'une très-haute température, ce corps se modifie en ce sens que, examiné froid, il n'a pas changé de forme, mais il a augmenté de volume et est devenu amorphe, dit *graphite*.

Ainsi, ce qui produit la cristallisation chez les métaux *or*, *argent* et *cuivre*, produit l'amorphisme chez le carbone.

L'inverse a-t-il lieu? Ne pouvant fondre le carbone, nous sommes obligés de procéder par analogie.

Comme, dans ces deux exemples, il s'agit tout simplement d'exaltation ou d'anéantissement du pouvoir émissif d'un corps chaud, prenons un corps dont le pouvoir rayonnant se rapproche de celui du carbone, le *verre*, par exemple :

Quand on coule du verre liquide en gouttelettes dans de l'eau fraîche, ce corps se convertit en larmes bataviques d'une dureté et d'une fragilité extrêmes.

Le verre étant, comme nous le démontrerons plus loin, *une dissolution, dans le silicate neutre, de l'un de ses composants*,

silice ou base, si le composant dissout est en petite proportion et surtout *silice*, la fracture de la larme réduit la substance en poudre impalpable, mais si le composant dissout est en quantité notable, et surtout *base*, la fracture de la larme réduit la substance en cristaux suffisamment gros pour qu'il soit possible de constater la variété solide qu'affecte le corps.

Si, au contraire, on maintient pendant un temps suffisamment long du verre, soit liquide, soit solide, à une température de très-peu inférieure à celle du changement d'état physique, la substance se convertit en *une poterie*, sans aucune apparence cristalline, d'autant plus tendre à froid que la proportion du composant dissout est plus considérable.

Ainsi, le verre solide soumis à la température se comporte comme le carbone diamant. Peut-on en induire que le carbone, pris liquide et solidifié, se comporterait comme le verre liquide? Non seulement nous le pensons, mais encore nous le démontrerons, en expliquant la trempe de l'acier et de la fonte, non pas pour le carbone pur, mais pour le carbone dissout.

Des deux faits caractéristiques mentionnés ci-dessus, résultent les principes suivants, savoir :

1° Les corps doués d'un pouvoir rayonnant faible, comme les *métaux* et le *soufre*, pris liquides et solidifiés, *cristallisent* d'autant plus intégralement que *l'anéantissement* du pouvoir émissif a été plus complet pendant le refroidissement; passent, au contraire, d'autant plus intégralement à l'état *amorphe* que l'*exaltation* du pouvoir émissif a été plus énergique.

2° Les corps doués d'un pouvoir rayonnant énergique, comme le *carbone*, l'*eau* et le *verre*, pris liquides et solidifiés, *cristallissent* d'autant plus intégralement que l'*exaltation* du pouvoir émissif a été plus énergique pendant le refroidissement; passent, au contraire, d'autant plus intégralement à l'état *amorphe* que l'anéantissement du pouvoir émissif a été plus complet.

OBSERVATIONS.

1° Il résulte de ces deux principes que si on soumet au même mode de refroidissement du *fer* et du *carbone* liquides, par exemple, quand le fer passe à l'état amorphe, le carbone

passe à l'état cristallin et réciproquement. Si donc ces deux corps sont capables de se dissoudre, le composé peut présenter, froid, tantôt les propriétés du fer cristallisé, tantôt les propriétés du carbone cristallisé. C'est ce qui nous servira plus loin à expliquer la trempe des carbures de fer.

2° Quand un corps est pris liquide et soumis au refroidissement nécessaire à sa solidification, l'exaltation maxima du pouvoir émissif de ce corps a lieu à sa surface; au contraire, l'anéantissement maximum de son pouvoir émissif a lieu au centre. Il résulte de là, d'après les deux principes posés plus haut, que :

Le *carbone*, l'*eau* et les *silicates* cristallisent de la surface au centre.

Les *métaux* et le *soufre* cristallisent du centre à la surface.

Les faits démontrent surabondamment cette conséquence, quand il s'agit des *métaux* et du *soufre*. Les personnes qui vivent dans les verreries et les hauts-fourneaux diront qu'il en est de même des silicates.

On pourrait en conclure que les taches, dites *crapauds*, que l'on rencontre dans les diamants, proviennent de ce que l'exaltation du pouvoir émissif, au moment de la solidification, n'a pas été suffisante pour amener la cristallisation jusqu'au centre. Nous verrons plus tard que, en dissolution, le carbone ne cristallise profondément, à partir de la surface, qu'autant que l'exaltation de son pouvoir émissif, au moment de la solidification, est très-énergique.

On peut aussi conclure, en ce qui concerne les verres, que, si les produits volcaniques ou primitifs peuvent se diviser en *laves* et *granits*, quoiqu'ayant la même composition chimique, cela provient de ce que la *lave* est le silicate refroidi brusquement, tandis que le *granit* est le silicate refroidi lentement.

3° Les minéralogistes rencontrant du graphite naturel, cristallisé, ou plutôt qui accuse une structure cristalline, en ont conclu que le graphite était susceptible de cristalliser. C'est une erreur. L'état amorphe ne peut pas être l'état cristallin; si le graphite cristallise, il est diamant.

Mais si on peut, prenant un métal amorphe et froid, le faire

cristalliser en le chauffant longtemps sans le mettre en fusion, la réciproque n'a pas lieu pour les corps doués d'un grand pouvoir rayonnant. Le graphite ne peut donc cristalliser ni par la température élevée ni par la température abaissée.

Il en résulte que si on trouve, dans la nature, du graphite cristallisé, ce graphite n'est autre chose que du diamant qui, sous l'influence d'une haute température, est devenu graphite; c'est incontestable.

4° De ce que l'*eau* pure et, en général, un corps, ne se présente, à l'œil nu, que sous l'une des deux variétés de l'état solide, il ne faut pas en conclure que ce corps est incapable d'affecter la seconde variété.

En effet, l'eau pure, solidifiée, est toujours cristallisée; mais l'eau solide en dissolution peut être à l'état *amorphe*. Cette observation est d'une si haute importance que nous croyons devoir lui consacrer quelques lignes.

On dit : la chaux éteinte, le sulfate de soude, hydraté et sec, sont des combinaisons, car, selon *Berzélius*, le composé développe du calorique en se composant, et selon d'autres plus rationnels, il n'y a pas de cristaux dans le composé. Cela ne prouve rien du tout. La chaux éteinte est une dissolution, dans la chaux vive, d'eau à l'état amorphe. Le calorique, engendré pendant la réaction, provient de la solidification de l'eau et, si on veut retirer cette eau, il suffit de chauffer fortement; elle s'évapore à une température plus élevée que quand elle est pure, il est vrai, mais conformément à ce qui se passe quand elle contient un sel en dissolution.

Or, si, comme nous l'affirmons, l'eau est susceptible d'affecter l'état amorphe quand elle fait partie constituante d'une dissolution, ne voit-on pas de suite que toute la matière organique est basée sur cette propriété.

En effet, qu'est-ce que la matière organique? Un composé d'eau et de diverses combinaisons entre l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote, en d'autres termes, une dissolution dans l'eau solide amorphe de divers corps simples purs ou combinés.

Qui ne comprend, maintenant, la génération et le développement de la matière organique dès qu'on lui assigne cette

origine ? Qu'y voyons-nous, sinon une substance plus ou moins molle accusant à l'analyse une énorme proportion d'eau ?

Voilà ce que nous voulions faire remarquer particulièrement pour le moment.

II. — DE L'ÉTAT *MOU*.

Si nous prenons un métal *cristallisé* froid et le soumettons à l'action d'une température croissante, la cristallisation n'est pas anéantie, puisque c'est sous l'influence de la température qu'elle a eu lieu. Cependant ce métal, qui était précédemment fragile, devient malléable, il plie et se laisse étirer comme s'il était amorphe. Si l'étirage a été assez considérable, ce métal, cassé froid, n'est plus fragile, il plie et accuse une texture, sinon fibreuse, du moins nerveuse. Que s'est-il donc passé? Rien que de très-naturel. La fragilité du métal cristallisé ne provenait pas de son état cristallin, mais seulement de la température à laquelle l'état cristallin chez lui tend à se désagréger. En le chauffant, on a rendu les cristaux mous de durs qu'ils étaient ; en l'étirant chaud, on a allongé les cristaux au point d'en faire des *fils* plus ou moins gros, dont la forme s'accuse d'autant plus nettement, quand on le casse froid, que l'étirage a été moindre ; c'est pourquoi nous avons employé le mot *nerf* au lieu du mot *fibre* qui nous a servi à caractériser l'état amorphe.

C'est cette influence de la température sur le corps que nous appelons l'état *mou*.

L'état mou a lieu pour le corps amorphe comme pour le corps cristallisé ; il ne se manifeste pas autrement chez l'un que chez l'autre.

D'où résulte-t-il ? C'est ce que nous allons examiner.

Les corps, non-seulement se dissolvent entre eux, mais encore ils dissolvent le calorique. La limite de la solubilité, quand il s'agit de deux corps, varie pour chacun d'eux suivant la nature de l'autre ; quand il s'agit du corps et du calorique, la limite est toujours la même pour chaque état physique.

Quand deux corps se dissolvent, tantôt il arrive un moment où le dissolvant refuse un supplément de saturation,

tantôt il arrive un moment où les deux corps se combinent et donnent naissance à un autre corps.

Quand le corps dissout le calorique, c'est toujours le second cas qui est la limite de la solubilité. Ainsi le *solide* dissout le calorique jusqu'au moment où, se combinant avec lui, il donne naissance au *liquide*; le *liquide* dissout le calorique jusqu'au moment où, se combinant avec lui, il donne naissance au *gaz*. Le *gaz*, pour nous, dissout indéfiniment le calorique.

La dissolution du calorique, comme celle des corps entre eux, engendre la dilatation. La dilatation par le calorique élargit la sphère de mobilité, sur eux-mêmes, des atômes, et est, sans contredit, la cause de l'état *mou*.

L'état mou est donc incontestablement la conséquence de la dissolution du calorique; l'est-il également de la dissolution des corps entre eux? Nous ne le pensons pas, car, dans ce cas, s'il y a dilatation, elle n'est pas la conséquence d'un fluide élastique intercalé entre les sphères atomiques, mais d'une augmentation dans le nombre de ces dernières.

L'état mou est donc un état spécial dépendant, on peut dire, exclusivement de la présence du calorique sensible dans le corps et ne doit pas être confondu avec l'état *amorphe* qui est dû au mode de solidification du corps liquide.

Il est vrai, comme nous l'avons établi plus haut, que la présence du calorique a pour effet de faire passer le *carbone* et le *verre*, de l'état *cristallin* à l'état *amorphe*; mais c'est une influence différente et qui n'ôte pas au calorique la propriété de ramollir en même temps ces corps.

En résumé donc :

Le corps solide est tantôt *amorphe*, tantôt *cristallisé*. Suivant la nature des corps, la température favorise tantôt le passage de l'état amorphe à l'état cristallin, tantôt le passage de l'état cristallin à l'état amorphe.

Mais, toujours, la température, en dilatant le corps, qu'elle modifie ou non la variété de l'état solide qu'il affecte, augmente l'espace qui existe entre ses atômes et diminue sa cohésion; la malléabilité qu'il acquiert, dans ce cas, se nomme état *mou* et est proportionnelle à la température.

III. — DES ÉTATS CHIMIQUES DES CORPS.

Combien y a-t-il d'états chimiques des corps?

Suivant la nomenclature de *Lavoisier*, les corps se divisent en :

Corps *simples* et corps *combinés*.

Les combinaisons de métaux entre eux portent le nom d'*alliages* (Cahours, 2e édition, tome 1er, § 32).

Enfin, les liquides et les gaz jouissent de la propriété de *dissoudre* et liquéfier ou gazéifier des corps solides, liquides ou gazeux. Encore, nous garderons-nous d'affirmer que les chimistes considèrent la *dissolution*, dans ce cas, comme un état chimique, car la nomenclature n'en parle pas.

Cependant, nous allons démontrer que la dissolution est non seulement un état chimique des corps, mais encore celui de tous le plus important, le plus répandu dans la nature, le plus utilisé dans l'industrie et que, sauf les métaux fibreux qui s'emploient purs dans les arts à cause de leur ténacité, tous les autres corps simples ou combinés n'y sont réellement utilisés et ne figurent dans la nature qu'à l'état de dissolutions *solides*, *liquides* et *gazeuses*.

A cet effet, nous commencerons par établir les caractères distinctifs des états chimiques.

On nomme *corps simples* tous les corps qui n'ont pas encore été décomposés.

On nomme *combinaisons* tous les composés, soit de corps simples, soit de combinaisons qui autorisent, par leurs propriétés, à supposer qu'il y a eu *mariage atomique* entre les composants.

Or, quelle est la conséquence du mariage atomique entre les composants?

Quand deux corps se combinent, ils disparaissent tous deux et donnent naissance à un produit nouveau. Ainsi, l'oxigène et l'hydrogène, en se combinant, donnent naissance à l'*eau* et il n'y a que la décomposition du composé qui permette de reconnaître, dans ce dernier, la présence de ses composants.

Mais si l'eau est une combinaison incontestable, ce n'est pas une raison pour s'en tenir à la définition ci-dessus, quand il s'agit de caractériser la combinaison. En effet, si on compare la soude sèche au bicarbonate de soude ou au sulfate sec, on ne trouve pas que ces composés diffèrent aussi essentiellement entre eux à l'œil que les composants de l'eau et l'eau. D'ailleurs, l'œil ne doit pas être, ici, le seul appréciateur du mariage atomique, puisque notre intention est de démontrer que, en ayant recours à d'autres caractères distinctifs, les chimistes ont fait fausse route.

Pour bien définir les caractères distinctifs de la *combinaison* et de la *dissolution*, nous n'irons pas chercher midi à quatorze heures, nous prendrons le corps le plus répandu dans la nature et le plus connu de l'homme : l'*eau*.

L'eau est un corps qui affecte les trois états physiques : *solide*, *liquide et gazeux*. Dans chacun de ces trois états physiques, l'eau absorbe du calorique, se dilate et accuse une température croissante jusqu'au moment où, changeant d'état physique, elle continue à absorber du calorique, quoique sa température reste stationnaire.

Ces deux faits suffisent à établir la différence qui existe entre la combinaison et la dissolution.

En effet, quelles que soient les conclusions auxquelles aboutit la théorie des vibrations, on ne peut nier que le calorique, en présence de la matière, se comporte comme un fluide impondérable pour nous, il est vrai, mais élastique et susceptible de s'y dissoudre ou de se combiner avec elle.

Berzélius dit (édition 1846, tome 1er, page 49) : « Quoique
» cette explication n'ait plus de valeur aujourd'hui, puisque la
» chaleur ne saurait être plus longtemps considérée comme une
» matière, *nous n'avons rien de plausible à mettre à sa place.* »

Ceci s'appelle trancher une question, mais non la résoudre.

La matière absorbe du calorique sans changer d'état physique; ses propriétés participent à la fois et du corps et du calorique absorbé; elle change d'état physique et devient un autre corps, sinon chimiquement, du moins physiquement. Le seul fait qui justifie la génération de cet autre corps est la disparition du

calorique absorbé pendant le changement d'état physique. Pourquoi donc serait-il inexact de dire que le nouveau corps est le résultat de la combinaison du calorique avec le premier?

En quoi cela est-il contraire à la théorie des vibrations? Les vibrations sont la conséquence de l'élasticité du fluide et peuvent très-bien coexister avec le rôle que joue le calorique dans les états physiques.

Nous tenons d'autant plus à faire reconnaître la justesse de cette ancienne théorie, qu'elle n'est autre chose que l'application aux états physiques de ce qui se passe pour les états chimiques.

La *dissolution* est un état, soit physique, soit chimique, des corps dans lequel les composants restent *vierges*, c'est-à-dire libres de tous engagements. La *combinaison*, au contraire, est un état, soit physique, soit chimique, des corps dans lequel les composants ne s'appartiennent plus et ne redeviennent libres que par la décomposition.

Aussi qu'arrive-t-il? c'est que, dans la dissolution, non-seulement la présence de chacun des composants est palpable, mais encore, si l'un d'eux est doué de la mobilité atomique, il suffit de réagir en un point quelconque du composé, pour l'attirer intégralement en ce point.

Dans la combinaison, au contraire, non seulement la présence de chacun des composants est complètement dissimulée par les caractères du nouveau composé, mais encore il n'y a de décomposition possible que là où le réactif est en contact avec le composé. Ce n'est que quand ce composé est lui-même à l'état de dissolution et doué de la mobilité atomique, qu'il peut être intégralement décomposé là où la réaction a lieu, mais alors il se comporte comme composant d'une dissolution.

Exemple. L'eau pure, soumise à la décomposition par la pile, ne subit que très-lentement l'influence de la réaction; tenant un sel en dissolution, au contraire, elle se décompose très-vite, parce qu'il y a à la fois dissolution et mobilité atomique, par suite de l'état liquide du composé.

De là, trois caractères distinctifs pour chacun des composés, savoir :

1° Pour la combinaison.

1° Composants en proportions constantes et exactes, par suite du mariage atomique.

2° Propriétés du composé différentes de celles des composants.

3° Réaction au contact, seulement, du réactif, même quand le composé est doué de la mobilité atomique.

2° Pour la dissolution.

1° Composants en toutes proportions au-dessous d'un maximum de saturation.

2° Propriétés du composé participant des propriétés des composants.

3° Réaction sur toute la masse de l'un des composants, si le réactif a seulement un point de contact avec le composé et si le composant attaqué est doué de la mobilité atomique.

Ainsi, tandis que la combinaison crée de nouveaux corps en obéissant aux lois de la nature, la dissolution utilise les propriétés collectives de ses composants et crée ainsi de nouvelles lois qui, sans elle, n'existeraient pas.

De là l'origine de la matière organique qui diffère si essentiellement de la matière inorganique.

Nous ne voulons pas dire par là qu'il n'y a que dissolution dans la matière organique; nous ne voulons pas dire non plus qu'il y a autre chose, attendu qu'il y a là une inconnue dont nous n'avons pas parlé; cette inconnue c'est la fôrce en vertu de laquelle le composant d'une dissolution, doué de la mobilité atomique, se rend là où a lieu la réaction. Nous savons que, dans ce cas, il y a génération de fluide électrique; nous savons également que ce fluide, mis en contact avec les systèmes nerveux et musculaire de la matière animale, leur communique la puissance contractive, mais nous ne savons pas quelle est la connexité qui existe entre ces deux mobilités. Nous ne croyons pas devoir nous en occuper ici, nous nous contenterons seulement de signaler les faits en passant.

Voyons maintenant quelles sont les conséquences à tirer des caractères distinctifs ci-dessus définis, au point de vue de la chimie inorganique.

Les chimistes (Cahours, tome 2, § 649) considèrent comme combinaison la chaux éteinte, parce que :

1° Il y a dégagement de chaleur pendant la réaction.

2° L'analyse a donné pour composition : CaO, HO.

Par la même raison *Berzélius* (tome 1er, page 407) considère comme combinaison le composé résultant de la réaction de :

10 sulfate de soude anhydre
14 eau

par cette raison que, pendant la réaction, il y a un fort dégagement de chaleur et que c'est toujours la même proportion d'eau qui produit ce résultat.

En troisième lieu, l'acide sulfurique aqueux est, suivant les chimistes (Berzélius, tome 1er, page 452), composé de :

1 atôme acide
1 atôme eau.

L'acide a tant d'affinité pour l'eau que, quand on l'y verse, il faut prendre des précautions, sans quoi il dégage une telle quantité de chaleur en se combinant qu'il lance hors du vase, avec explosion, une partie de la liqueur et, si ce dernier est de verre, il se brise.

Si on mêle une partie de neige et 4 parties d'acide sulfurique concentré à 0°, la température du mélange s'élève à 100°; si ensuite on laisse refroidir le mélange à zéro degré et y ajoute 3 fois autant de neige, on produit un froid de 20 à 25°. Enfin, quand on mêle ensemble parties égales d'acide sulfurique concentré et d'eau, il y a dégagement de chaleur et le volume du composé est de $\frac{92}{1000}$, soit environ de 3 % moindre que la somme des volumes des composants. L'expérience a pouvé (Berzélius t. 1er, p. 453) que cette condensation est due à la combinaison chimique de l'acide aqueux avec une nouvelle quantité d'eau.

Au contraire, si on mêle ensemble de l'alcool et de l'eau, le volume du mélange augmente et cependant il y a calorique produit.

Nous allons démontrer que tous ces phénomènes, que les chimistes attribuent à l'*affinité chimique* génératrice de la *combinaison*, sont exclusivement dus à l'*attraction moléculaire*, génératrice de la *dissolution*.

En effet, les quatre composés ci-dessus mentionnés, participent tous des propriétés de leurs composants. Or, de deux choses l'une, où les caractères distinctifs, que nous avons exposés plus haut, de la combinaison et de la dissolution sont *absolument* vrais, ou ils ne le sont que *relativement*. S'ils ne le sont que *relativement*, que l'on nous cite une combinaison incontestable et participant des propriétés de ses composants. Il n'en existe pas; celles qu'on nous citera, seront, comme les *carbures de fer*, des combinaisons contestables et que nous démontrerons n'être que des dissolutions. Si, maintenant, sortant des généralités, nous entrons dans les détails, nous voyons que :

1° En ce qui concerne la *chaux éteinte* et le *sulfate de soude hydraté sec*, le calorique développé, pendant sa réaction, est la conséquence du passage de l'état *liquide* de l'eau à l'état *solide amorphe*. Ce qui le prouve, c'est que, d'une part, quelle que soit la proportion d'eau froide mise en présence de la chaux vive, il y a toujours calorique développé, tandis que, d'autre part, si la proportion d'eau dépasse 14 pour 10 de sulfate de soude anhydre, il n'y a pas de calorique développé. Pourquoi? C'est que la chaux qui dissout environ 1/3 de son poids d'eau solide, est à peu près insoluble dans l'eau liquide. Il en résulte que, quelle que soit la proportion d'eau liquide mise en contact avec la chaux vive, il y en a toujours une partie qui se solidifie et reste solide. Le sulfate de soude, au contraire, dissout l'eau solide et est soluble dans l'eau liquide. Il en résulte que si la proportion d'eau dépasse 14 pour 10 de sel, le composé devient liquide, et il y a refroidissement au lieu de calorique produit.

Ces faits, qui sont incontestables, démontrent toute la supériorité de la logique sur la simple observation. Les deux variétés de l'état solide existent incontestablement dans les *métaux* et le *carbone;* elles doivent exister dans les autres corps, soit purs, soit dissouts. Si on était certain des chiffres donnés par les physiciens comme représentant les capacités calorifiques et chaleurs latentes des corps, on pourrait déterminer, à moins d'un degré près, la température que doit atteindre le mélange sec. Mais que sait-on? On sait que 1^k de glace à 0° et 1^k d'eau à 75° donnent 2^k d'eau à 0°.

En admettant que la solidification, par dissolution, fasse émettre à l'eau la même quantité de calorique sensible que par refroidissement, on ne sait pas si cette dernière, qui, dans ce cas, n'est plus pure, a une capacité calorifique aussi grande que quand elle est pure. Le volume de ses porosités atomiques ayant pu être diminué par le fait de la dissolution, non-seulement sa capacité calorifique a pu diminuer aussi, mais il a pu y avoir condensation du calorique dissout et surélévation de température par ce fait.

Exemple :

La capacité calorique de l'eau est 1 ;

Celle de la chaux vive est (Péclet) 0,2169.

La formule Ca O, HO, adoptée par les chimistes, représente :

Chaux	75,50
Eau	24,50
	100,00

24,50 d'eau, en se solidifiant, émettent, à l'état sensible, $24{,}50 \times 75 = 1840$ calories.

75,50 de chaux représentent, comme capacité calorifique, $0{,}2169 \times 75{,}50 = 16{,}40$ d'eau.

Le composé de 100 chaux éteinte représente donc, comme capacité calorifique, $24{,}50 + 16{,}40 = 40{,}90$, soit, net, 41 eau solide.

En admettant que la réaction a eu lieu à 0°, on a :

$$\frac{1840}{41} = 45^{\circ}.$$

La température du composé ne devrait atteindre que 45° si les composants conservaient la même capacité calorifique que quand ils sont purs et quand l'eau est liquide, tandis qu'elle a atteint environ 100°. Les capacités calorifiques des corps varient donc suivant leur état de pureté et, probablement aussi, suivant leur état physique.

2° En ce qui concerne l'acide sulfurique et l'alcool hydratés.

Nous venons de dire que ce qui s'opposait, en partie, à la détermination à priori, de la température du composé, résultant de l'action de l'eau sur la chaux vive, était la contraction possible du volume des composants. Ceci n'est pas un simple accident, c'est un principe et lorsque deux corps se dissolvent, le volume du composé peut être :

Plus petit, égal, ou plus grand que la somme de volume des composants.

Qu'arrive-t-il alors ?

Comme chacun des composants a ses porosités atomiques remplies de calorique à la température de la mise en présence, si le volume du composé est moindre que la somme des volumes des composants, il y a nécessairement condensation du calorique et élévation de la température. L'atôme, en effet, ne peut diminuer de volume ; il faut donc, de toute nécessité, que ce soit le fluide élastique intercalé qui cède une partie de sa place aux atômes qui se rapprochent en vertu de leur attraction moléculaire, plus puissante que la force répulsive de ce fluide.

C'est ce fait qui a lieu quand on met en présence de l'eau et de l'acide sulfurique et les soubresauts, dont il a été fait mention plus haut, proviennent de l'énergie de la lutte qui a lieu au moment de la réaction et de la difficulté qu'éprouve le calorique, subitement condensé, à se propager uniformément dans le composé.

Quant à l'augmentation de volume, occasionnée par l'alcool, avec élévation de la température, nous trouvons dans CAHOURS (t. 3, § 1106) :

« L'alcool a beaucoup d'affinité pour l'eau et, quand on le mêle avec ce liquide, il dégage un peu de chaleur. . . . . .

» Quand on mêle l'alcool avec l'eau, il se produit une *contraction* qui augmente peu à peu, jusqu'à ce que le mélange se trouve composé de :

100 parties d'alcool
116.23 parties d'eau. . . . . »

Ceci est tellement contraire à ce que dit BERZÉLIUS, que nous ne croyons pas devoir chercher à expliquer le phénomène de dilatation avec génération de calorique.

Le même auteur (§ 1106) dit :

« Lorsqu'on mêle de l'alcool anhydre à 0°, avec de la neige à 0°, la température peut s'abaisser jusqu'à — 37°, si la quantité de neige employée excède un peu celle que l'alcool peut *fondre*. »

Les faits cités par M. CAHOURS pour démontrer la combinaison viennent à l'appui de ce que nous avons dit pour prouver la

dissolution. En revanche, celui cité par Berzélius paraît mal établi.

Si l'alcool et l'eau mélangés ensemble s'échauffent, c'est qu'il y a condensation des volumes.

Si l'alcool et la neige mélangés ensemble produisent du froid c'est qu'il y a liquéfaction de l'eau solide. Inutile d'insister plus longtemps:

Ce que nous venons de dire pour la *chaux* éteinte, le *sulfate de soude* hydraté sec, l'*acide sulfurique* hydraté, l'*alcool* hydraté, a lieu également pour :

Les composés de *fer* et *carbone*, dits *carbures de fer*.

Les *silicates*, dits *verres*, *laves*, *granits*.

Les colorations inorganiques et organiques.

Les *fers* dits *brûlés*.

Le *deutoxyde* de fer, etc., et la matière organique.

Dans tous ces composés, les composants sont, quelquefois, il est vrai, en proportions constantes, mais ce n'est pas une raison pour en conclure qu'ils sont en proportions exactes. Quand on remplit un litre d'eau, la quantité d'eau qu'il contient est de 1 litre, ni plus ni moins. De même, quand on sature 1 kil. de chaux vive, la quantité d'eau nécessaire est constante ; ce n'est pas une raison pour en conclure qu'il y a combinaison.

On nous a objecté aussi que certains composés que nous considérons comme dissolutions, doivent nécessairement être des combinaisons, parce qu'ils se rencontrent dans la nature en cristaux parfaitement définis. Or, la cristallisation est si peu un indice de combinaison qu'elle est pour la plupart des corps une conséquence de leur état préalable de dissolution. Mais, dit-on, les cristaux de sels, cristallisés dans l'eau, retiennent toujours la même proportion d'eau de cristallisation et cette proportion correspond à 1, 2, 3, etc., atômes. Les cristaux contenant de l'eau, retiennent cette dernière en proportion constante parce que leur mode de cristallisation et leurs porosités atomiques sont constants. On croit avoir découvert des rapports atomiques, parce qu'on les cherchait. M. Berthier croyait aussi que le résidu de la dissolution de l'acier, dans l'iode et le brôme, contenait le fer et le carbone en proportions

constantes et exactes; de nouvelles expériences ont démontré que le fer ne s'y était rencontré qu'accidentellement.

Du reste, on connaît l'état actuel de la science; notre théorie est-elle un progrès, n'en est-elle pas un? C'est ce que le lecteur compétent et consciencieux appréciera. Nous croyons que si tant de faits qui se passent sous nos yeux sont restés inexpliqués jusqu'à ce jour, cela tient à ce qu'on a été trop exclusif en n'admettant qu'un seul état chimique des corps et que, en reconnaissant à la dissolution solide l'importance à laquelle elle a droit, on explique une infinité de phénomènes restés sans explication jusqu'à ce jour. Nous allons, pour notre part, exposer les conséquences de notre manière de voir en ce qui concerne spécialement la *trempe*.

DEUXIÈME PARTIE.

Explication de la trempe.

I. — DE LA TREMPE DES CARBURES DE FER.

Tant que l'on considère les *carbures de fer*, soit comme des *combinaisons de fer* et de *carbone*, soit comme des *dissolutions* dans le métal, d'un *mono* ou *poly carbure de fer*, soit comme des *azoto-carbures de fer*, la *trempe* de ces composés est inexplicable. Quand, au contraire, on les considère comme de *simples dissolutions du carbone* dans le métal, non-seulement la *trempe*, mais encore tous les phénomènes de la *métallurgie du fer* s'expliquent sans la moindre difficulté.

Mais il ne suffit pas qu'une hypothèse soit justifiée par les faits pour devoir être admise de prime abord; c'est beaucoup, sans doute, et beaucoup d'hypothèses admises ne pourraient pas s'appuyer sur autant de faits que celle que nous venons d'émettre. Il faut encore que, si son principe ne peut être démontré directement, il ait toutes les probabilités pour lui. C'est ce que nous allons tâcher d'établir.

On ne connaît les carbures de fer qu'à l'état d'*acier* et de *fonte*. Or, ces composés contiennent le carbone en toutes proportions, tantôt uniformément réparti, comme dans les *aciers* et la *fonte blanche*, tantôt mélangé comme dans la *fonte grise*.

KARSTEN, qui a beaucoup étudié la question, a cru devoir résumer ainsi qu'il suit les résultats de ses observations. (1830, Tome Ier, § 182 et 317) :

La *fonte grise* est un mélange de fer aciéreux et de graphite.

La *fonte blanche* grillée, devenue grise et douce, est un composé de fer aciéreux et d'un carbure de fer dans lequel le carbone domine.

L'*acier non trempé* est de même nature que la précédente.

L'*acier trempé* et la *fonte blanche* sont des composés de fer et de carbone dans lesquels ce dernier est toujours uni à toute la masse du métal, en proportion variable à la vérité, mais toujours de la manière la plus homogène.

Comme on le voit, l'illustre métallurgiste ne conclut pas; il constate des faits et il essaye de les assujettir aux principes admis. Il ne suppose même pas que le carbone peut se trouver intimement associé au fer sans être combiné avec lui. Aussi la théorie de *Karsten* n'a-t-elle en rien avancé la question en ce sens qu'elle ne sert à expliquer aucun des phénomènes que la métallurgie du fer constate, prévoit, utilise, mais respecte comme secret au-dessus de sa portée.

N'admettant pas d'autre état chimique binaire que la combinaison, mais ne pouvant admettre cette dernière en toutes proportions, les chimistes se sont ainsi trouvés amenés, par la force des choses, à voir dans les carbures de fer des combinaisons de fer et carbone dissoutes dans le métal ou tenant en dissolution un excès de l'un de leurs composants, le *fer*.

Dans le but d'isoler cette prétendue combinaison qu'on ne peut jamais obtenir pure, quelque prolongée que soit la réaction, *M. Berthier* a pris des fragments d'acier *Huntzmann* et les a soumis à l'action dissolvante de l'*iode* et du *brôme*. (*Annales des mines*, 3e série, tome III, page 229.) Le métal s'est dissout et a laissé pour résidu une substance qui, soumise à l'analyse, lui a accusé des proportions de fer et de carbone correspondant exactement à la formule F*e* C.

Ce savant chimiste a cru pouvoir en conclure que l'acier doux est un composé ou, mieux, une dissolution dans le métal d'un véritable carbure de fer.

L'expérience, reprise depuis, tant par M. Berthier que par d'autres chimistes, n'a pas donné le même résultat et il est admis aujourd'hui que, quand la réaction est complète, le résidu est du *carbone pur*.

M. Berthier s'est même servi de ce procédé analytique pour déterminer la proportion de carbone contenue dans un acier à filières d'Allemagne (*Technologiste*, tome III, page 169) d'une très-grande dûreté.

Ainsi le prétendu carbure de fer n'a pas encore été isolé.

Mais direz-vous : pourquoi rechercher ce carbure imaginaire, rien ne prouve qu'il existe. Non, rien ne le prouve, mais aujourd'hui, il n'a pas le droit de ne pas être. Les choses en sont venues à ce point qu'il faut, ou que les carbures de fer restent inexplicables, ou qu'ils s'expliquent par la combinaison. Est-ce pour soutenir cette thèse que, il y a un an, M. Frémy a annoncé que les *aciers* sont des *azoto-carbures* de fer? Nous l'ignorons; ce que nous savons, c'est que M. Dumas et, après lui, la *presse* aux cent millions de voix ont décerné un concert d'éloges à cette découverte, dont nous parlerons dans la troisième partie de ce mémoire.

Nous dirons seulement qu'elle a constaté officiellement un fait, déjà cent fois constaté auparavant, à savoir que : la cémentation du fer s'opère infiniment plus rapidement quand on prend pour réactifs des matières organiques azotées que quand on emploie le carbone pur. Quant à la présence constatée de l'azote dans les fers, fontes et aciers, elle est accidentelle et quand on veut préparer des aciers qui ne contiennent pas ce métalloïde, il faut prendre des précautions que ne comportent pas toutes les qualités d'aciers.

Revenons à notre sujet :

Quand on plonge une barre de *fer* dans un milieu contenant le *carbone*, soit à l'état de dissolution, soit pur, si la température est convenable, le métalloïde pénètre dans le métal, s'y répand uniformément avec une vitesse variable et en proportion variable aussi que nous examinerons.

Ainsi on peut convertir du fer en acier en le tenant plongé pendant plusieurs années dans une eau marécageuse très-riche en matières organiques et aussi chaude que possible. Les Indiens passent pour en préparer par cette méthode.

On convertit aussi le fer en acier en le maintenant à la température rouge cerise, dans un milieu solide, liquide ou gazeux, contenant le carbone pur ou dissout. Un des moyens d'accélérer la cémentation dans ce cas, est, comme nous l'avons dit, d'introduire dans ce milieu des composés azotés. Comment se comporte le carbone dans cette réaction ?

S'il se combine avec le métal, c'est superficiellement et alors la réaction ne peut se continuer dans l'intérieur que si :

Ou le fer de l'intérieur décompose le carbure formé superficiellement pour se carburer à son détriment, ce qui est inadmissible ;

Ou le carbure, formé superficiellement, se dissout dans le fer intérieur et met à nu de nouvelles couches de métal.

Il semble que, dans ce second cas, les angles de la barre perdraient de leur vivacité.

Une autre explication consiste à dire que le carbone pur, en contact avec le fer, ne le carbure pas; que la carburation est la conséquence de la dissolution dans le métal de gaz carburés qui se dégagent du métalloïde imparfaitement calciné et de la décomposition de ces derniers par le métal. Nous avons cémenté du fer dans du graphite naturel préalablement calciné et en opérant dans des vases parfaitement clos : le fer est sorti acier en aussi peu de temps que quand on emploie le charbon de bois dans les caisses.

Oui, il est très-vrai que les gaz carburés accélèrent la cémentation en se dissolvant préalablement dans le métal, mais ce n'est pas parce qu'il y a décomposition chimique de ces gaz que l'acier se forme, c'est parce qu'il y a déplacement ou simplement dépôt. Du reste, l'emploi des gaz est un moyen condamné pour la fabrication des aciers fins, parce qu'ils restent dans le métal et le rendent cassant. Quand on veut fabriquer un acier supérieur, on prend du fer, première marque de Suède, et on le cémente dans du vieux charbon et le plus loin possible des parois pou-

vant donner accès à l'air. La cémentation dans les cuirs, suies, huiles, graisses, etc., convient pour recarburer la superficie des pièces forgées, mais serait déplorable pour la fabrication. Que ceux qui ne nous croyent pas en essayent.

Évidemment, si le *fer* et le *carbone* sont susceptibles de former ensemble une *combinaison*, il est incontestable que l'acier est une dissolution, dans le fer pur, d'un carbure de fer. Mais, prouvez-nous l'existence de ce carbure qui, comme nous l'avons déjà dit, n'a existé jusqu'à ce jour que dans l'imagination des chimistes et dont l'hypothèse a été suscitée par la nomenclature de Lavoisier et les conséquences qu'on a cru devoir en tirer.

Puisque vous ne savez pas si l'acier est une dissolution, dans le *fer*, d'un carbure de fer ou de carbone pur, consentez au moins à examiner concurremment les deux manières de voir.

La première a donné tout ce qu'elle pouvait donner, c'est-à-dire rien ; voyons la seconde.

Ce qui, pour nous, semble indiquer que les carbures de fer sont une simple dissolution du carbone dans le métal, c'est que, quand on prend de la fonte liquide et conséquemment homogène, si on la laisse refroidir lentement, elle se décompose en deux parties régulièrement disséminées, savoir : L'une que Karsten appelle fer aciéreux ; l'autre qui est du graphite ou carbone pur.

Or, quand on cémente la fonte liquide dans du charbon de bois, on opère au rouge plus ou moins blanc; quand la fonte liquide se solidifie, elle affecte une température à laquelle la cémentation a aussi lieu. Comment expliquer que, d'une part, le carbure de fer se forme, et, d'autre part, se décompose à la même température. Est-ce qu'il ne peut exister à un certain abaissement de la température? Cela n'est pas admissible, car l'acier froid en contient. Logiquement, la fonte grise devrait, d'après la théorie de Karsten, être un mélange de fer aciéreux et de carbure de fer.

Tous les phénomènes de la fabrication du fer, depuis le haut-fourneau jusqu'au corroyage sont en opposition avec cette hypothèse et c'est parce qu'ils confirment celle de la simple dissolu-

tion que nous l'avons émise. On va, du reste, en juger. Admettons donc que les carbures de fer sont de *simples dissolutions du carbone dans le métal, tantôt saturé solide, tantôt saturé liquide.*

Lorsque la cémentation a lieu à température constante, dans un milieu solide, liquide ou gazeux, contenant le carbone en dissolution, la variabilité dans la saturation du métal ne peut être attribuée qu'à la variabilité dans la saturation du cément. Si, au contraire, la cémentation a lieu dans le carbone pur, la saturation est proportionnelle à la température. Il va sans dire que, dans le cas précédent, elle l'est aussi, mais cela intéresse peu.

Quand le carbone est à l'état de dissolution dans le cément, si ce dernier est volatil, il est incontestable que c'est par déplacement, et non par décomposition, que la carburation du métal s'opère; autrement, l'attraction moléculaire, seule génératrice de la dissolution, l'emporterait sur l'affinité, seule génératrice de la combinaison, ce qui est contraire à tous les exemples de combinaisons qui s'effectuent par l'intermédiaire des dissolutions liquides. Il en résulte que tout cément gazeux est nécessairement une dissolution et que si, comme plusieurs chimistes l'ont affirmé, le *cyanogène* PUR cémente le fer, c'est que le cyanogène est une simple dissolution et non une combinaison. On comprend de quelle importance est cette dernière conséquence et il convient, avant d'affirmer le fait, de bien s'assurer si le cyanogène employé est pur.

En effet, si le cyanogène est réellement une combinaison, la cémentation, par son intermédiaire, ne peut se concevoir qu'en admettant que ce composé est susceptible de dissoudre l'un de ses composants, le *carbone*.

Or, comme il est positif que les céments azotés accélèrent la cémentation, on peut en induire immédiatement que cette accélération est due à la subtilité du cyanogène qui, dans ce cas, serait incontestablement le véhicule du *carbone*.

Nous trouvons dans BERZÉLIUS (tome 1er, page 319) et dans CAHOURS (tome 1er, § 370) l'énoncé suivant de la réaction :

Quand on fait passer du cyanogène sur du fer chauffé au rouge ou au rouge blanc, il se transforme en azote, tandis que le fer devient cassant et *se couvre de charbon*.

Pourquoi le fer se couvre-t-il de charbon s'il décompose le cyanogène? Pourquoi ne se cémente-t-il pas? Est-ce parce qu'il se combine avec l'azote? Il est permis de le supposer, car, en devenant cassant, il accuse une des propriétés caractéristiques des fers dits brûlés, qui ne sont autres que des dissolutions d'air, d'oxygène ou d'azote dans le métal et (KARSTEN, tome 1er, § 178) ne contiennent pas la moindre trace de carbone. Il y a dans cet énoncé l'indice d'une expérience imparfaite et qui, par ce fait, n'autorise à aucune conclusion. Aussi, nous le répétons, si le cyanogène est décomposé par le fer rouge par suite de l'affinité du métal pour le carbone :

1° Il doit non pas simplement déposer du carbone sur le fer mais le cémenter ;

2° Il n'est, comme son analogue solide, le paracyanogène, qu'une simple dissolution du carbone dans l'azote et, à ce titre, un des deux composés qu'engendre la dissolution réciproque d'un de ces corps par l'autre, analogues en cela à la *chaux éteinte* et à l'*eau de chaux*.

Quand le carbone est à l'état solide et pur, il suffit, pour se rendre compte de la manière dont ce métalloïde pénètre dans le métal et s'y dissout, de remarquer que cet acte ne peut être que la conséquence de la mobilité atomique. Or, comme la mobilité atomique n'existe que dans les états liquide et gazeux, il faut en conclure que le carbone, EN CONTACT avec le fer à la température rouge, passe à l'état liquide et se dissout dans le métal de la même façon qu'il s'y dissout quand il réagit à l'état de dissolution liquide ou gazeuse.

La conséquence immédiate de cette manière de voir est *l'explication de la trempe de l'acier*.

En effet, si on prend une barre d'acier suffisamment saturée de carbone et la chauffe au rouge cerise, le fer conserve la texture qu'il possédait mais devient plus malléable; le carbone, au contraire, passe à l'état liquide, ce qui explique pourquoi les aciers craignent tant le feu, comparés au fer pur.

Si on laisse refroidir lentement cette barre, le fer ne subit pas de modification; le carbone, au contraire, passe à l'état amorphe. Si le fer était primitivement *cristallisé*, le composé

froid est une *dissolution de carbone amorphe dans le fer cristallisé*; s'il était primitivement *amorphe*, le composé froid est *une dissolution de carbone amorphe dans le fer amorphe.* Tel est l'*acier doux.*

Si, au lieu de laisser refroidir lentement la barre, on la plonge rouge dans de l'eau fraîche ou tout autre milieu exaltant considérablement son pouvoir émissif, le carbone *cristallise* en se solidifiant et cela sur une épaisseur d'autant plus grande que l'exaltation du pouvoir émissif pénètre plus à cœur. Le composé se trouve alors être une dissolution de carbone cristallisé dans le fer amorphe. Tel est l'*acier trempé.*

Nous disons que, dans ce cas, le fer est amorphe, parce qu'il est positif que la cristallisation du carbone désagrège la cristallisation du fer. En effet, prenez une barre d'acier de 6^{mm} d'épaisseur, fortement cémentée et accusant, par suite de son long séjour dans la caisse, une texture à facettes très-caractérisée.

Chauffez cette barre au rouge cerise et trempez-en la moitié dans l'eau fraîche; puis, quand elle est froide, cassez les deux extrémités, vous obtenez deux textures: l'une à facettes de fer cristallisé, l'autre à grain fin, blanc et brillant d'acier trempé.

Le premier bout est tendre au burin et à la lime; le second y est insensible.

DU RECUIT.

On nomme recuit une opération qui a pour but, tout en diminuant légèrement la dureté de l'acier trempé, de le rendre moins aigre, c'est-à-dire plus tenace.

Le recuit s'effectue à plusieurs températures, dont la plus basse est celle de l'eau bouillante; ces températures se mesurent, soit au thermomètre quand le chauffage du métal froid a lieu dans l'eau ou l'huile, soit par la couleur que prend la surface du métal au contact de l'oxigène de l'air, sous l'influence d'une température croissante, soit enfin par l'effet que produit le contact du métal chaud sur le bois sec.

Si la température atteint le rouge cerise, le carbone passe intégralement à l'état liquide et il faut une nouvelle trempe pour le faire cristalliser. Faut-il conclure de là que le ramollisse-

ment qui résulte du recuit a pour conséquence de modifier son mode de groupement atomique et de le faire, en partie, passer à l'état amorphe? C'est notre avis. En effet, nous avons dit (page 146) que, quand on chauffe fortement et suffisamment longtemps un diamant à l'abri du contact de l'air, il se convertit en graphite. Il est donc probable que, quand on chauffe l'acier trempé, le carbone dissout, plus impressionnable que le carbone pur, change de texture et devient amorphe. Il est certain qu'il ne devient pas liquide; car, si on le trempe dans l'eau fraîche, après un recuit inférieur au rouge cerise, il reste ce qu'il était à cette tempéralnre et ne redevient pas dur.

Le recuit a donc pour but de faire passer, à l'état amorphe, une partie du carbone cristallisé par la trempe et de reconstituer une partie du fer dans l'état solide qu'elle affectait précédemment. Si le fer était nerveux, le recuit produit l'élasticité, c'est-à-dire l'alliance de la dureté inflexible du diamant avec la ténacité flexible du fer.

On a donc raison de dire que l'eau bouillante peut faire perdre à l'acier une partie de sa trempe. C'est surtout quand le composé est pur, que le carbone doit être impressionnable au recuit, car nous verrons plus loin que certains corps étrangers font cristalliser le carbone malgré la lenteur du refroidissement pendant la solidification.

Reprenons la cémentation du fer au point où nous l'avons laissée.

Au fur et à mesure que la température, à laquelle s'effectue la cémentation du fer dans le charbon de bois, s'élève, la saturation augmente; ainsi, tandis que, au rouge cerise, le métal dissout environ 0,5 % de carbone; au rouge blanc, il en dissout près de 2.5 %, non pas instantanément, mais en maintenant la température constante pendant un terme proportionnel à l'épaisseur de la barre à cémenter. Si on élève alors la température, le métal entre en fusion et il se sature de proportions de carbone qui croissent avec la température et atteignent dans les hauts-fourneaux jusqu'à 5 et 6 %.

Quand le métal liquide est saturé, si on le soumet au refroidissement pour le solidifier, on remarque les phénomènes suivants, savoir :

1° Si on le coule en lingotières métalliques froides et en couches minces, son carbone cristallise en se solidifiant et produit ce qu'on nomme la *fonte blanche* ou dissolution de carbone *cristallisé* dans le fer *amorphe*.

2° Si on le coule en lingotières métalliques suffisamment chaudes, une partie du carbone dissout se dépose à l'état de graphite, mais comme le refroidissement est assez prompt ensuite, le produit obtenu est ce qu'on nomme la *fonte grise* douce, à texture grenue, fine et homogène, ou mélange de graphite et d'acier amorphe. Ce produit est le même que celui qu'on obtient quand on recuit pendant un temps suffisamment long une plaquette de fonte blanche, produit que Karsten considère à tort comme de même nature que l'acier non trempé, sans doute parce que, dans ses expériences, le grillage ou cuisson à l'air libre l'avait, en partie, décarburé, comme nous le verrons plus loin.

3° Si on le coule dans un moule en sable d'étuve suffisamment épais, le refroidissement est très-lent et alors le métal cristallise du centre à la surface. On obtient alors le produit que l'on nomme *fonte grise à facettes* et qui est un mélange de graphite et d'acier dont le métal est cristallisé, tandis que son carbone est amorphe.

Si on prend une plaquette de fonte grise, soit douce, soit cristallisée ; si on la chauffe au rouge cerise et la plonge dans l'eau fraîche, on obtient alors la fonte grise trempée ou mélange de graphite et d'acier trempé. Quelle que soit la texture de la fonte grise employée, grain fin ou facettes, la fonte grise trempée est toujours à grain fin plus clair que celui de la fonte non trempée et aussi dur que celui de l'acier trempé.

Comme on le voit, la fonte solide accuse quatre textures, savoir :

1° La texture blanche de carbone cristallisé dans le fer amorphe.

2° La texture grise et douce résultant du mélange atomique de graphite et d'acier amorphe.

3° La texture grise granitique résultant du mélange régulier de graphite et d'acier à facettes.

4° La texture grise et grenue, claire et dure, résultant du mélange de graphite et d'acier trempé.

L'éclaircissement de la couleur, dans la texture de la fonte grise trempée, provient de ce que son chauffage au rouge cerise permet à une partie du graphite déposé de se redissoudre dans l'acier et de cristalliser avec l'autre partie de carbone restée dissoute.

Nous avons dit que, quand on cémente le fer dans du charbon de bois, il y a un moment où, la température et la solubilité augmentant, le métal entre en fusion. Or, le fer est à peu près infusible; quant au carbone, il l'est, pour nous, tout-à-fait. L'alliage des deux corps a donc pour effet d'augmenter leur fusibilité et confirme ce que nous avons dit de la manière dont s'opère la cémentation. Il en résulte aussi que la fusibilité du composé est d'autant plus grande que la proportion de carbone dissout est plus grande, d'autant moindre, au contraire, que la proportion de carbone dissout est plus faible. Voilà pourquoi les aciers sont d'autant plus réfractaires qu'ils sont plus doux et d'autant plus fusibles qu'ils sont plus saturés de carbone ou plus vifs.

En est-il de même des fontes? Oui et non. En effet, si nous prenons une fonte blanche, bien que le carbone soit cristallisé, comme il est intégralement dissout, la température de fusion est d'autant plus basse que la proportion de carbone est plus forte. Seulement, il convient de chauffer très-vite; car, si on chauffe lentement, le carbone passe à l'état amorphe, se sépare, en partie, du métal qui ne peut le dissoudre intégralement, et on tombe dans le cas de la fonte grise. Si, au contraire, la fonte est grise, le résultat doit être tout différent, bien que la fonte soit toujours plus fusible que l'acier. En effet, si c'est au moment de la solidification seulement que la fonte, refroidie lentement, dépose, à l'état de graphite, la proportion de carbone que le fer ne peut dissoudre à l'état solide, comme la fusibilité est proportionnelle à la dose en carbone, la fonte liquide doit se solidifier à une température d'autant plus basse qu'elle est plus saturée de carbone. Mais, plus la température de solidification est basse, plus est faible la proportion de carbone que peut dissoudre le métal solide et, alors, plus est considérable la proportion de carbone déposé à l'état de graphite; moins est saturé

de carbone l'acier mélangé, plus, par conséquent, cet acier est réfractaire. Il résulte de là que plus la fonte est saturée de carbone, plus sa température de solidification est basse et plus sa température de liquéfaction est élevée.

Ces faits, que notre théorie explique et qui, nous n'avons pas besoin de le dire, sont confirmés par l'expérience de tous les jours, sont-ils réellement vrais quand le composé fer et carbone est mathématiquement pur ?

Nous avons dit (page 162) que M. BERTHIER avait analysé, à l'aide du brôme, un acier à filières d'*Allemagne* très-pur et très-carburé. En effet, ce métal, qui n'est pas de la fonte blanche puisqu'il se laisse forger, contient 5 °/₀ de carbone. La fonte ne serait-elle par hasard qu'un accident de fabrication; la conséquence de matières étrangères en dissolution dans le métal ? Ce point de vue vaut la peine d'être examiné et nous conduit tout naturellement à passer en revue les influences des corps étrangers qui souillent la fonte. Mais avant d'aborder cette question, disons qu'il serait probablement erroné d'avancer que le fer et le carbone purs donnent toujours de l'acier, quelles que soient les proportions de chacun d'eux. Ce qu'il est plus rationnel de supposer c'est que plus les composants sont purs, plus il est difficile de les séparer, et alors il est possible que le fer, qui ne peut dissoudre, solide, que 2,5 °/₀ de carbone, soit néanmoins susceptible de conserver, dissoute, à l'état solide, une partie du carbone qu'il a dissout à l'état liquide. Ce qui confirme cette manière de voir c'est, d'abord, l'énorme proportion de carbone contenu dans l'acier à filières de M. Berthier; ensuite c'est le puddlage des fontes fines réputées pures, telles que la fonte de BAIGORY, grise, par exemple. Ces fontes ne veulent pas lâcher leur carbone; ce n'est qu'à force de réactif qu'on arrive à les convertir en fer, et alors le fer obtenu est presque de l'acier.

Nous reviendrons sur cette grave question.

Les matières étrangères qui souillent généralement les fontes sont :

Le silicium,
Le phosphore,
Le soufre.

Le *silicium*, corps analogue au carbone par ses propriétés chimiques, ne se combine pas plus avec le métal que ce dernier. C'est donc à l'état de simple dissolution qu'il figure dans les carbures de fer et c'est pour cela qu'il se comporte absolument comme le carbone, sauf en ce qui concerne la trempe. Quand le silicium se trouve en présence du fer et du carbone à haute température, il se dissout dans le métal; quand, au contraire, on réagit superficiellement pour faire partir le carbone, le silicium se sépare aussi du métal; seulement, il est probable qu'il se porte au pôle opposé à celui qui attire le carbone, car toutes les fois que nous avons cémenté des barres de fonte dans des oxides métalliques, en les accouplant deux à deux, nous avons rencontré la silice en abondance intercalée dans les surfaces de séparation qui se forment entre le fer à grain et l'acier (fig. A).

Le *phosphore* et le *soufre*, au contraire, forment de véritables combinaisons avec le métal. Comme ces combinaisons sont connues et isolables, on peut affirmer, à coup sûr, que ces métalloïdes existent dans le fer sous forme de phosphure et de sulfure en dissolution. Et on va voir, en effet, qu'ils communiquent au métal non pas leurs propriétés, comme le carbone, mais celles des composés qu'ils forment avec lui.

En ce qui concerne le *phosphore*, il suffit, pour expliquer son action sur le fer, de rappeler les propriétés suivantes du phosphure de fer. (Berzélius, tome II, page 690.)

« Le fer se combine facilement avec le phosphore . . . .

» Le phosphure obtenu a une couleur plus blanche que l'acier » et une dureté extraordinaire; il est très-cassant et susceptible » de prendre un beau poli. . . . .

» Plus fusible que la fonte de fer, il n'est pas rare qu'il cris- » tallise en prismes par le refroidissement. Il paraît susceptible » d'être fondu, en toutes proportions, avec le fer. . . . .

(Page 691.) « Une petite quantité de phosphure de fer qui se » trouve dissoute dans une grande quantité de fer métallique » diminue, à la température ordinaire, la ténacité de ce dernier, » et fait qu'il casse facilement à cette température, quoiqu'il » soit, à la chaleur rouge, aussi ductile que le fer de bonne » qualité. »

Cette manière de voir est, en tous points, conforme à la nôtre. Nous ajouterons que c'est précisément parce que : d'une part, le phosphore existe dans le métal à l'état de *combinaison*; d'autre part, le carbone y existe à l'état de *dissolution*, que quand on coule, même en lingotières froides, de la fonte liquide contenant du phosphore, ce métalloïde, n'ayant aucune affinité pour le carbone et ayant le pas sur lui dans le métal, l'empêche de cristalliser et on obtient de la *fonte grise*. Voilà pourquoi aussi les fontes phosphoreuses sont si faciles à affiner.

Le phosphore *combiné* chasse le carbone *dissout*.

En ce qui concerne le *soufre*, il suffit d'observer que ce corps a une égale affinité pour le fer et pour le carbone et qu'il forme avec chacun de ces corps des composés connus. Le soufre existe donc dans le fer à l'état de sulfure; seulement quand on coule en sable d'étuve une fonte liquide contenant du soufre, ce corps retient le carbone en dissolution au moment de sa solidification, favorise ainsi sa cristallisation et on obtient de la *fonte blanche*.

Malgré la plausibilité de ces deux explications, nous nous empressons de reconnaître qu'elles laissent quelque chose à désirer et renferment une inconnue d'une haute importance.

En effet, on comprend que, au moment de la solidification de la fonte phosphoreuse, le phosphure aidant ou plutôt annulant l'effet de la lingotière froide, l'excès de carbone dissout dans le métal liquide est poussé dehors et, comme le refroidissement n'est pas assez énergique pour qu'il cristallise, eu égard à son état de pureté, il passe à l'état amorphe. Mais on ne comprend pas aussi bien pourquoi l'inverse a lieu, en sable d'étuve, sous l'influence du sulfure. On comprendrait que le carbone restât intégralement dissout et amorphe; mais on ne comprend pas qu'il cristallise.

Il faut alors admettre que, dans le premier cas, ce qui empêche le carbone de cristalliser c'est le calorique latent rendu sensible par la cristallisation du phosphure liquide, tandis que, dans le second cas, ce qui fait cristalliser le carbone c'est du calorique sensible rendu latent. Mais par quoi? Est-ce par le sulfure? Non, puisqu'il se solidifie aussi. Est-ce par la formation du sulfure de carbone qui s'évapore? C'est plus probable, mais ce n'est pas prouvé.

Ainsi, des quatre corps :

Carbone,
Silicium,
Phosphore,
Soufre,

il y en a deux sur lesquels notre manière de voir est identique avec celle des chimistes; ces deux corps sont le *phosphore* et le *soufre*. Mais il en est deux sur lesquels notre manière de voir est toute différente, uniquement parce que, d'une part, les chimistes affirment, d'autre part, nous nions l'existence de composés jusqu'ici imaginaires. Eh bien, ce qui est vraiment remarquable, c'est que cette petite divergence d'opinion est une énormité. Si les chimistes ont raison, aucune perturbation n'a lieu, mais on en reste aux données actuelles de la science. Si, au contraire, nous avons raison, tout s'explique et mille volumes sont à refaire de fond en comble. Car il ne s'agit plus alors de carbures de fer, il s'agit d'une révolution dans toute la *chimie*, toute la *minéralogie* et toute la *médecine* qui ont été assujetties à la nomenclature et réclameront en même temps d'autres interprétations et d'autres réactions que celles reconnues. Mais revenons à cette question importante que nous avons seulement ébauchée, savoir :

Les fontes ne seraient-elles, par hasard, qu'un accident de fabrication?

Nous venons de voir que, quand il y a du phosphore dans le métal, la fonte grise peut être incontestablement un accident de fabrication, puisque, coulée en lingotière froide, la fonte liquide devient grise. Mais nous avons vu aussi que la fonte blanche peut être un accident de fabrication, puisque la fonte liquide contenant du soufre, coulée en sable d'étuve, devient blanche.

Il résulte de là que, en définitive, le *moule en sable* et la *lingotière froide* n'ont d'autre but que de produire, sur la fonte parfaitement pure, les mêmes effets que le *phosphore* et le *soufre*. Or, puisque, d'une part, le phosphore chasse et que, d'autre part, le soufre retient le carbone dissout par le métal liquide, on peut, presqu'à coup sûr, conclure que, quand la

fonte pure et liquide se solidifie lentement, comme le carbone ne cristallise pas, le métal en rejette toujours une partie qu'il ne peut dissoudre à l'état solide ; et, d'après ce que nous avons observé (page 170), pour que la proportion de carbone rejeté soit un minimum, il faut que la proportion dissoute à chaud soit aussi un minimum.

En effet, plus le carbone dissout dans le métal liquide est considérable, plus la température de solidification est basse ; plus, par conséquent, la force dissolvante du métal, au moment de la solidification, est faible. Au contraire, si la proportion de carbone dissout est faible, la solidification a lieu à haute température et la force dissolvante du métal, à ce moment, est plus grande.

Quelle est la limite? Ce pourrait très-bien être celle que M. Berthier a indiquée, c'est-à-dire 5 %. En effet, si réellement le fer pur peut retenir, en se solidifiant, 5 % de carbone, faites-lui en seulement dissoudre, à l'état liquide, 5 1/2 %. La température de solidification va s'abaisser et il déposera, à l'état de graphite, non pas 1/2 %, mais peut-être 1 % de carbone. Comme on le voit, l'expérience nécessite certaines précautions et voici comment nous les formulons pour les fabricants d'acier:

19 kil. fer de Suède, première marque.
1 kil. charbon de bois en grain.

Quel que soit le résultat, nous croyons pouvoir conclure des observations ci-dessus que la fonte du commerce est le plus souvent un accident de fabrication, surtout quand elle contient peu de carbone, comme les fontes d'affinage, mais aussi qu'il peut y avoir formation de fonte, quand la proportion de carbone dissout dans le fer parfaitement pur dépasse une certaine limite qui, d'après M. Berthier, serait 5 %. Donc, théoriquement, la fonte n'est pas un accident de fabrication.

(La suite au prochain N°.)

NOTICE DESCRIPTIVE

D'UN

PROJET DE FABRICATION DES BOUCHES A FEU

EN ACIER FONDU,

PAR

FRANÇOIS BERTRAND,

Ancien élève de l'École industrielle de Liége,
Maître de fabrication d'aciers et de limes à l'établissement de Truvia (Espagne),
Chevalier de l'ordre royal d'Isabelle-la-Catholique.

SOMMAIRE.

Préliminaires. — Conditions générales. — Choix de l'acier. — Mode de coulée. — Dispositions générales de la fonderie. — Réchauffage des bouches à feu pour raffinage. — Forgeage des bouches à feu. — Conclusion.

PRÉLIMINAIRES.

Une des questions qui, dans ces derniers temps, a le plus fixé l'attention des hommes de science et des praticiens, en matière de fabrication d'acier aussi bien qu'en artillerie, est sans contredit la production des bouches à feu de tous calibres, rayées ou non, en acier fondu. L'importance et les difficultés de cette fabrication toute nouvelle, d'une part, et de l'autre les résultats satisfaisants des premiers essais tentés par M. Krupp, d'Essen, étaient bien de nature à réveiller l'esprit de recherche, et de tous côtés on s'efforça de faire concourir les aciéries aux principales constructions de l'artillerie.

Comment et pourquoi, malgré la supériorité bien connue de la ténacité de l'acier fondu sur celle de tous les autres produits sidérurgiques, ainsi que du bronze, la nouvelle application de l'acier faite par M. Krupp, n'a-t-elle pas été développée et même reproduite par d'autres moyens que les siens, malgré les efforts louables d'autres fabricants?

Cette question est complexe, et la solution ne tient pas seulement aux difficultés techniques, mais elle se renferme encore, à mon avis, dans la nécessité de créer un matériel nsidérable de fabrication; et bien que, suivant certaines combinaisons possibles, la majeure partie de ce matériel soit applicable à d'autres fabrications, on a souvent pu croire, et le plus généralement on croira toujours, que cette création coûteuse, ne s'appliquant pas directement à la production d'un objet purement industriel et commercial, se ferait probablement en pure perte, vu que, à l'exception de l'Angleterre, la fabrication des bouches à feu est bien plutôt du ressort de l'État, du domaine de l'artillerie, que de celui de l'industrie privée.

C'est donc aux divers gouvernements qu'incomberait la tâche de développer l'œuvre de M. Krupp, soit en l'imitant dans ses moyens, soit en créant des produits analogues par d'autres procédés. Ils ont tous intérêt à la supériorité des bouches à feu en acier fondu convenablement fabriquées: 1° sur les bouches à feu qui, faites avec les meilleures fontes de fer, sont d'abord trop lourdes et manquent souvent de ténacité; 2° sur les bouches à feu en bronze, dont le prix de revient est si élevé, et qui d'ailleurs manquent de dureté quand elles sont rayées; 3° sur les bouches à feu en fer forgé, qui, malgré les plus ingénieuses combinaisons et les soins de forgeage les plus minutieux, sont cependant si exposées aux mauvaises soudures.

Les difficultés techniques qui se sont présentées et qui peuvent surgir encore, à dater du jour où la fabrication des bouches à feu entrera dans cette voie, ne sont pas insurmontables, les hommes d'intelligence et de travail en matière de productions d'acier ne feront pas défaut.

C'est en vue de concourir à cette grande application nouvelle des aciéries, que depuis quelque temps je consacre les loisirs que me laissent les obligations de mes fonctions à l'établissement de Truvia, à étudier spécialement les procédés à employer pour arriver à de bons produits, à des résultats constants.

J'ai consigné dans la notice suivante les moyens que je propose et que je me réserve de compléter, dans un temps donné, par un mémoire descriptif détaillé accompagné des dessins de construction et des devis nécessaires à la mise à exécution du projet dont je trace aujourd'hui l'ébauche, et j'aurai atteint mon but, s'il m'est ainsi donné de contribuer à augmenter la somme des applications de la branche de la métallurgie à la pratique de laquelle je me suis, depuis vingt années, entièrement consacré.

CONDITIONS GÉNÉRALES.

En matière de fabrication de bouches à feu en acier fondu, le succès, c'est-à-dire la constance des résultats, dépend, à mon avis, des quatre points suivants :

1° Emploi d'un acier d'un degré de carburation convenable audit objet et d'une pureté suffisante pour ne pas nuire à la ténacité ;

2° Mode de coulée spécial, appliqué à cette vaste opération, de manière à ce que l'acier arrive au moule à canon aussi fluide que possible, sans interruption aucune du jet de métal, depuis le commencement de la coulée jusqu'à sa fin, et que ledit jet, constamment proportionné au volume de la pièce à couler, tombe dans le moule suivant l'axe, sans en toucher les parois verticales ;

3° Réchauffage des canons pour raffinage de l'acier, exécuté dans des fours spéciaux, dans lesquels le réchauffage des parties épaisses arrive à point de forgeage, sans que les parties minces soient jamais ni surchauffées ni décomposées ;

4° Forgeage à fond, exécuté par des marteaux-pilons suffisamment puissants, et ce forgeage, ainsi que le réchauffage, étant aidés de combinaisons mécaniques et d'outils facilitant l'intro-

duction des canons au four à réchauffer, leur sortie, ainsi que le maniement sur l'enclume pendant le forgeage.

En passant en revue les quatre points principaux précités, je décrirai pour chacun d'eux les appareils et le mode de travail que j'ai imaginés pour arriver au résultat que je me propose.

1° CHOIX DE L'ACIER.

Il est évident qu'à degré de carburation convenable pour la fabrication de bouches à feu en acier fondu, les aciers cémentés provenant de bons fers de cémentation, ainsi que les aciers naturels obtenus aux anciens feux d'affineries méritent la préférence par leur pureté, par leurs hautes qualités, et qu'ils donneront toujours les pièces les plus tenaces. C'est donc, autant que possible, de ces aciers qu'il faut se servir pour la fusion des bouches à feu, et si j'étais appelé un jour à réaliser mon projet, je le baserais de préférence sur une fabrication de fer de cémentation ou bien d'acier de forge, à obtenir, en loupant dans des feux analogues aux anciens feux de la méthode directe (dite catalane), des éponges métalliques obtenues de minerais appropriés à ce traitement.

Je ne décrirai pas ici cette fabrication de fer de cémentation ou d'acier naturel, vu qu'elle n'est qu'un accessoire de mon projet de fabrication de bouches à feu en acier fondu. Mais, tout en rendant hommage au mérite de priorité de mes devanciers en production d'acier fondu par la voie des éponges métalliques, j'ajouterai cependant que :

1° L'appareil de fabrication d'éponges métalliques que j'ai imaginé diffère de tous ceux qui me sont connus, et que ses résultats sont, à mon avis, plus avantageux sous plus d'un point de vue;

2° Il existe d'ailleurs, entre mon procédé de fabrication d'acier fondu par la voie des éponges métalliques et ceux de mes devanciers, une différence essentielle consistant en ce que je ne propose pas de convertir directement les éponges métalliques en acier fondu, comme on a tenté de le faire dans des vues d'économie. A mon sens, ce procédé est trop incertain quant

à la qualité et à la constance des produits, et l'économie est plutôt apparente que réelle, à cause des difficultés pratiques qu'il présente.

En résumé, je crois que, pour assurer le succès de la fabrication de l'acier fondu par la voie des éponges métalliques, il faut rétrograder relativement aux idées reçues et aux procédés les plus tentés, en se limitant à obtenir des éponges un fer d'élite, un fer à acier, ou tout au plus un bon acier de forge. L'un ou l'autre de ces produits étant ensuite clairement défini par le classage usité dans les aciéries, on pourra alors avec connaissance de cause passer ces produits aux creusets pour l'obtention à volonté d'un acier fondu dur ou doux et de propriétés constantes.

Il résulte, du reste, des essais que j'ai faits dans cette fabrication de fer de cémentation sur une échelle suffisante pour en déduire des résultats pratiques, que les fers qu'on en obtient donnent, pour aciers fondus, durs ou doux à volonté, les mêmes résultats que les fers de Suède de marques de second ordre, qui sont les plus employés en Europe dans les aciéries par voie de cémentation, vu la minime production de fers de Suède pour acier, dits de premières marques.

C'est donc au procédé que je viens d'esquisser que je donnerais la préférence, non-seulement comme base de mon projet de fabrication de bouches à feu en acier fondu, mais encore comme base d'une fabrication quelconque d'acier fondu, et le seul cas qui pourrait me faire abandonner cette base de fabrication serait celui de ne pouvoir me procurer, dans une localité donnée et à des prix acceptables, des minerais traitables par la méthode directe, aidée par la conversion de ces minerais en éponges métalliques.

Dans ce cas, et dans ce cas seulement, il faudrait s'appuyer sur une des bases ordinaires de la fabrication d'acier fondu, c'est-à-dire sur l'emploi de bons fers ordinaires de cémentation ou de bons aciers naturels, obtenus aux anciens feux d'affineries, ou enfin de bons aciers puddlés soumis à un classage rigoureux

L'acier puddlé, bien que moins pur et par conséquent moins

tenace que les autres, possède cependant une ténacité et une dureté assez remarquables, et peut-être tout-à-fait suffisantes pour la production des bouches à feu par voie de fusion. On sait qu'il convient généralement assez bien pour être employé en grandes masses et surtout en objets non trempés ; mais ce qui me décide particulièrement à le considérer comme matière suffisante pour l'obtention des bouches à feu par voie de fusion, c'est la possibilité d'écarter au creuset, pendant la fusion, par l'addition de réactifs, les impuretés que le puddlage a laissées.

Des expériences répétées m'ont prouvé qu'avec des aciers puddlés, tellement impurs que la fusion sans additions épurantes au creuset ne donnait que des aciers fondus peu tenaces, aigres et souvent intraitables au marteau, on pouvait obtenir, par l'effet des additions épurantes au creuset, un métal presqu'aussi bon que celui retiré par la fusion des aciers du même numéro, ou degré de carburation, bien puddlés et obtenus des mêmes fontes.

Je me crois donc autorisé à admettre qu'on peut, par la fusion des aciers puddlés, fabriquer des bouches à feu, sinon aussi tenaces que celles obtenues par la fusion des aciers cémentés, provenant de bons fers de cémentation ou des aciers naturels travaillés aux anciens feux d'affineries, du moins des bouches à feu de qualités remarquables, comparativement aux pièces en fonte, en bronze et même en fer forgé.

Quels que soient l'origine ou le mode de production des aciers, le degré de carburation à employer de préférence pour la fusion des bouches à feu, ne peut être déterminé d'une manière certaine que par des expériences de tir exécutées sur une série de quelques bouches à feu en acier fondu d'une même origine, série dans laquelle chaque bouche à feu serait obtenue par la fusion séparée de chacun des degrés de carburation que fournit le classage usité dans les aciéries. Jusqu'à ce que de pareilles expériences aient été faites, on ne peut juger de la chose que par analogie avec d'autres applications de l'acier fondu, et en jugeant ainsi, je dirai seulement qu'il me paraît probable que si on classe une partie d'acier, de n'importe quelle origine, en numéros 1 à 5, et appelant n° 1 le moins carburé,

ce sera le n° 3 ou le n° 4 qui seront les plus propres à l'obtention, par voie de fusion, des bouches à feu douées de la ténacité et de la dureté les plus convenables, tant sous le rapport de la durée que sous celui du mode de rupture au tir (1).

2° MODE DE COULÉE.

Le mode de coulée qu'on emploie dans les fonderies d'acier, pour l'obtention des lingots de dimensions ordinaires, est insuffisant pour la coulée des bouches à feu. Je répète qu'il est indispensable, pour la réussite et la qualité des pièces, que l'acier arrive au moule à canon aussi fluide que possible, sans interruption aucune du jet d'acier, depuis le commencement de la coulée jusqu'à sa fin, et que le dit jet, constamment proportionné au volume de la pièce à couler, tombe dans le moule suivant l'axe, de manière à ne jamais toucher les parois verticales.

---

(1) Dans la recherche à laquelle je me suis livré pour créer le système de fabrication de bouches à feu en acier fondu que je décris, le procédé Bessemer a tout d'abord fixé mon attention par le prix peu élevé du métal qu'il donne et par les dimensions de l'appareil qui opère sur une masse suffisante pour la coulée d'un canon. Malgré ces conditions et malgré les avantages de ce procédé pour certains objets, je n'ai pu me décider à l'adopter dans la fabrication des bouches à feu, parce qu'il me paraît extrêmement douteux qu'il donne à chaque opération des aciers également purs et également carburés, tout en traitant les mêmes fontes, dans le même appareil, dans le même temps, et en employant la même quantité d'air également comprimé. Or, comme je l'ai dit plus haut, je crois que les degrés de pureté et de carburation des aciers sont deux conditions de la plus haute importance pour l'obtention de bouches à feu d'égale résistance et d'égale dureté; et si l'expérience prouve un jour qu'on peut, par le procédé Bessemer, obtenir des aciers propres à la coulée des bouches à feu, ce ne sera, je crois, qu'après classage des aciers à obtenir du dit procédé. Mais, dans ce cas, on serait conduit à une refonte au creuset, et dès lors la simplicité et le bon marché du procédé disparaissent sans que les doutes sur la qualité des produits puissent être levés autrement que par des expériences coûteuses.

Pour remplir ces diverses conditions indispensables, j'ai imaginé l'appareil de coulée que je vais décrire.

Le moule à canon sera placé dans une ouverture traversant la voûte qui sépare la fonderie, proprement dite, de la cave où se fait le service des grilles et des cendriers des fourneaux de fusion. Il reposera, dans cette cave, sur un triple cric commandé par un seul organe mécanique et monté sur un chariot à quatre roues roulant sur un chemin de fer traversant la cave sur toute sa longueur (1). La bouche du moule se trouvera au niveau du sol de la fonderie, ou le dépassera tout au plus de 0m,20. Sur ce moule on placera, à l'instant même de la coulée, un entonnoir en tôle de fer, dont la douille conique entrera dans le moule en laissant, entre sa paroi extérieure et la paroi intérieure du moule, le passage nécessaire pour le dégagement de l'air que l'acier déplace et dilate en coulant. L'entonnoir en tôle sera doublé d'un autre entonnoir composé de la même pâte que les creusets employés à la fusion de l'acier. L'ouverture de la douille de l'entonnoir réfractaire sera cylindrique, de 0m,06 de diamètre et 0m,15 de longueur. Cet entonnoir réfractaire sera chauffé au rouge vif et placé dans l'entonnoir en tôle à l'instant même de la coulée (2).

Deux petits fours à réverbères, de formes et dimensions particulières, ayant leurs grilles et leurs soles extrêmement étroites et une longueur totale d'environ 3m, seront placés parallèlement à l'axe de la halle de fonderie, de manière à avoir entre eux le moule à canon, dont ils seront aussi rapprochés que possible.

La sole de chacun de ces petits réverbères sera traversée par trois rigoles ou canaux de coulées qui, comme l'entonnoir réfractaire qui surmonte le moule, seront construites avec la même

(1) Je reviendrai plus tard, à l'article *Dispositions générales de la fonderie*, sur ce triple cric, son chariot et son chemin de fer.

(2) Depuis seize mois, je me sers, pour la coulée des lingots de dimensions ordinaires, d'entonnoirs réfractaires semblables à celui que je viens de décrire, et je n'ai jamais remarqué, dans le travail, aucun inconvénient dû à leur service, comme je n'ai jamais remarqué non plus aucune altération dans les qualités de l'acier ainsi coulé.

pâte que les creusets de fusion. L'une de ces trois rigoles traversera la sole du réverbère perpendiculairement à sa longueur, et sera établie sur le milieu. Les deux autres rigoles traverseront la sole obliquement, de manière à venir se réunir toutes les deux avec la première dans l'intérieur du four. Chacune de ces trois rigoles débouchera à l'extérieur du four du côté opposé au moule et seulement celle du milieu, qui réunit les deux autres, débouchera à l'extérieur du four du côté du moule à canon et au-dessus de ce moule. Chacune de ces trois rigoles sera suffisamment inclinée vers le moule et toutes pourront être démontées du four, pour être nettoyées et remplacées au besoin.

On conçoit que, par la disposition des trois rigoles, ou canaux de coulée, de chacun des deux fours qui viennent aboutir au-dessus du moule à canon surmonté de son entonnoir de coulée, il est extrêmement facile de couler à la fois plusieurs creusets au moule à canon : en effet, l'espace existant entre l'ouverture des trois rigoles, du côté de chaque four opposé au moule, ainsi que l'obliquité de chaque rigole extrême, permet de placer à la fois deux ouvriers couleurs, armés chacun d'un creuset à l'ouverture de chaque rigole; or, comme le nombre des rigoles pour les deux fours est de six, j'aurai ainsi, depuis le commencement de chaque coulée jusqu'à la fin, douze ouvriers couleurs, armés chacun d'un creuset, coulant ou prêts à couler au moule.

Cela me permettra d'obtenir un jet d'ensemble, coulant au moule, composé à volonté de 2, 3, 4 et jusqu'à 8 jets particuliers, quantité d'acier que je crois suffisante pour la coulée des plus grosses pièces et qui, du reste, pourrait être augmentée à volonté en augmentant le nombre des canaux de coulée, ce qui se ferait sans inconvénient en allongeant proportionnellement la sole des petits réverbères qui contiennent les canaux. L'objet des petits réverbères dans lesquels on renferme les canaux de coulée se comprendra, je crois, sans explication et je dirai seulement que leur température, au moment de chaque coulée, doit être aussi élevée que possible, afin que l'acier ne se refroidisse pas dans le passage.

Remarquons, du reste, qu'il est indispensable d'arrêter presque totalement le tirage des deux petits réverbères au moment de la coulée, et qu'au même instant il faut bien garnir leurs grilles de combustible, afin que le faible courant existant dans ces fours pendant la coulée soit toujours carburant et jamais oxidant. Le compresseur ou refroidissoir du lingot-canon sera porté par une chaine passant sur une poulie montée à la tête d'un support en fonte (1).

L'usage de l'appareil de coulée que je viens de décrire ne me laisse aucun doute sur la réussite constante de la coulée des bouches à feu en acier.

Cependant, l'art serait impuissant en pareille matière, s'il n'était secondé par l'esprit d'ordre, non-seulement pendant la coulée, mais encore pendant la fusion et les autres opérations accessoires. Il faut, dans les fonderies d'acier qui doivent couler des bouches à feu, que les ouvriers s'habituent à travailler avec un ordre, une régularité extrêmes, et qu'à certaines périodes du travail, ils agissent dans leurs fonctions particulières sur un commandement d'ensemble, comme le font les artilleurs lorsqu'ils exécutent une manœuvre de force.

Dans le Mémoire détaillé dont j'ai déjà parlé et qui formera le complément de la présente Notice, j'exposerai le nombre d'ouvriers nécessaires au service d'une grande fonderie de bouches à feu en acier, et j'y décrirai soigneusement le poste ou les fonctions de chacun aux diverses périodes du travail de la fusion et de la coulée.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DE LA FONDERIE.

Le nombre de fourneaux de fusion à construire dépend nécessairement du calibre et des dimensions des pièces à couler ; mais s'il s'agissait, par exemple, d'une fonderie capable de produire les bouches à feu des plus forts calibres usités aujourd'hui, je voudrais qu'elle fût composée d'au moins 200 fourneaux de fusion.

---

(1) Voyez la planche 8 qui détermine l'un des deux réverbères, lesquels sont égaux entre eux.

Les fourneaux de fusion auxquels je donne la préférence sont les anciens fourneaux à vent alimentés au coke dont le Yorkshire a fourni le type, ne copiant, du reste, ces fourneaux que sur leurs formes, et déterminant les sections de leurs cuves, rampants et cheminées, suivant les qualités de bons cokes, dont on pourra s'approvisionner à des prix acceptables.

La forme la plus rationnelle du bâtiment de la fonderie est la forme circulaire, si on ne prend en considération que les facilités pour la coulée; mais, par d'autres raisons, il me parait plus convenable d'adopter la forme rectangulaire (1).

Les fourneaux de fusion seront disposés suivant les deux grands côtés du rectangle. Chacun des deux murs de pignon du bâtiment sera percé, dans la chambre de la fonderie proprement dite, de trois ouvertures, dont une pour une très-grande porte, et les deux autres situées de chaque côté de la première, pour deux grandes fenêtres, susceptibles de s'ouvrir et de se fermer, pour activer et limiter à volonté le renouvellement d'air à travers la halle de fonderie.

L'appareil de coulée que j'ai décrit sera établi à l'intersection des deux diagonales du rectangle de la fonderie.

Le sol de la pièce qu'ordinairement on appelle la cave (parce qu'elle est toujours plus ou moins encaissée en dessous du sol extérieur) se trouvera, au contraire, $0^m,25$ plus élevé que le sol extérieur.

---

(1) Parmi les raisons qui me font préférer la forme rectangulaire, je ne citerai que la principale, c'est que cette forme se prête à tous les agrandissements successifs qu'on voudrait faire en longueur pour augmenter proportionnellement le nombre des fourneaux de fusion; ainsi je suppose qu'on se décide d'abord à construire, au plus tôt, une fonderie capable de produire tous les calibres de campagne (ce qu'on obtiendrait par 40 fourneaux de fusion) et que, quelque temps après, on veuille l'agrandir de manière à lui faire produire tous les calibres, jusqu'à celui du canon rayé de $0^m,16$ inclus; cet agrandissement pourrait se faire, comme tout autre agrandissement ultérieur, même sans arrêter le service de la fonderie primitivement construite. La forme circulaire n'offre pas cet avantage, dont la perte n'est pas compensée par le plus de facilités qu'elle donne pour la coulée.

La voûte de la cave aura pour pieds droits les massifs entre les cendriers des fourneaux de fusion. Un chemin de fer traversera la cave sur toute sa longueur et c'est sur ce chemin de fer (comme je l'ai déjà dit à l'article *Mode de coulée*) que s'établira le chariot portant le moule à canon appuyé sur un triple cric destiné à soulever le moule pour l'amener dans sa position de coulée et à l'abaisser, après la coulée, pour l'amener dans sa position de transport.

Le système composé du chariot, du triple cric, du moule à canon et du canon coulé, aura (lorsque le moule sera descendu dans sa position de transport) son centre de gravité très-peu élevé au-dessus du niveau des essieux du chariot, et comme d'ailleurs on donnera au chemin de fer en question une voie assez large, la stabilité du système sera telle que, malgré la hauteur du canon et de son moule, il n'y aura cependant aucun danger de versement pendant le transport en dehors de la cave de la fonderie.

La hauteur du sol de la cave à la clef de la voûte sera assez grande pour permettre le service du chariot en question, et il y aura dans la cave, de chaque côté du chemin de fer, une banquette ou élévation du terrain, pour faciliter le service des grilles des fourneaux de fusion.

J'ai imaginé le système de chariot et de triple cric, dont je viens de parler, pour éviter l'emploi d'une grue pour la manœuvre des moules à canon et des canons coulés, par la raison qu'une grue s'adapte mal sur la voûte nécessaire aux fonderies d'acier.

Le chariot et son triple cric me procurent du reste l'avantage de transporter les moules et les canons coulés avec plus de facilité et moins de chance de dégradations que si ce transport devait s'effectuer sur le sol de la fonderie proprement dite, au lieu de se faire sur le sol de sa cave.

Les murs de pignon seront percés, dans la cave, des mêmes ouvertures que dans la fonderie et les fenêtres seront susceptibles de s'ouvrir à volonté, de manière à y entretenir un courant d'air suffisant.

Le sol de la fonderie se trouvant élevé au-dessus du sol exté-

rieur de $0^m,25$ en sus de toute la hauteur de la cave, il y aura, en face de chaque grande porte d'entrée de la fonderie, un escalier léger qui se lèvera par un mouvement analogue à celui des ponts-levis, toutes les fois que devra passer le chariot de coulée, ou d'autres chariots pour le transport des cendres et escarbilles.

La toiture de la fonderie sera métallique et à deux versants inclinés chacun vers un massif de cheminées. La distance du sol de la fonderie à la partie la plus basse du toit sera de 5 à 6 mètres et la hauteur des massifs de cheminées au-dessus du sol de la fonderie sera de 10^m.

Les chenaux d'écoulement des eaux pluviales, ainsi que le système de fermes de la toiture, s'appuieront sur un solide relief existant à la dite hauteur sur toute la longueur de chacun des deux massifs de cheminées. Les chenaux seront d'ailleurs légèrement inclinés du milieu de leur longueur aux extrémités, pour faciliter le prompt écoulement des eaux pluviales, et il conviendra de les faire assez spacieux pour que les eaux du toit n'atteignent jamais les massifs de cheminées.

Pour diminuer autant que possible la haute température qui règne dans les fonderies et qui incommode tant les ouvriers, surtout en été, la partie des deux versants qui avoisine le faîte du toit, sera élevée d'environ $0^m,50$ au-dessus de la masse des versants, comme on l'a déjà pratiqué dans plusieurs forges et autres établissements industriels.

Sur chacun des grands côtés de la halle de la fonderie il y aura une petite halle qui communiquera avec la fonderie par un petit escalier établi sur le milieu de la longueur de ces côtés.

Dans l'une de ces halles latérales, où se fera le cassage de l'acier destiné à charger les creusets, on montera deux grands fourneaux pour la cuisson et le réchauffage des creusets, toutes les fois que la qualité de ces derniers exigera ces soins.

L'autre halle latérale servira d'atelier de parage des canons avant le forgeage. Cette halle sera pourvue d'une grue pour soulever les canons, les descendre de leur chariot de coulée ou les replacer, après le parage, sur d'autres chariots, pour être conduits à la forge ou atelier de raffinage.

Le chemin de fer de la fonderie se repliera de l'extérieur de la cave sur cette deuxième halle latérale et la traversera sur toute sa longueur et au-delà pour aller à la forge.

Une porte d'entrée sera percée dans chaque pignon de chacune de ces deux halles latérales, et les murs latéraux ou grands côtés seront garnis de fenêtres sur toute leur longueur.

La toiture de chacune de ces petites halles latérales pourra n'être que d'un seul versant, le faîte du toit appuyant contre le massif de cheminées de la fonderie; mais l'ensemble présenterait un aspect plus architectural si l'on faisait cette toiture à deux versants, et, dans ce cas, il faudrait que le versant inclinant vers un massif de cheminées fût muni d'un chenal appuyé sur un relief de ce massif et s'inclinant du milieu vers chacune des extrémités pour faciliter le prompt écoulement des eaux pluviales.

Dans toutes les dispositions précédentes, relatives à la fonderie et à la cave, j'ai eu non seulement en vue d'approprier les fonderies d'acier à la coulée des bouches à feu, mais encore de rendre moins pénible le rude travail des fondeurs d'acier, par une ventilation suffisante à travers la cave de la fonderie, comme à travers la fonderie elle-même ; ventilation qu'on règlerait à volonté, suivant la température ambiante et les besoins du travail.

Ces dispositions protectrices de l'ouvrier et de son travail sont applicables à toute espèce de fonderie, quel que soit le nombre de ses fourneaux.

J'appelle donc l'attention des fabricants sur l'état anti-hygiénique qui résulte de la disposition de nos fonderies actuelles, dans lesquelles les ouvriers sont si souvent et inutilement soumis à des variations brusques de température très-élevée. Je signale également l'inutilité de l'encaissement de nos caves en dessous du sol extérieur, et la nécessité d'y faire affluer l'air plus abondamment qu'on ne peut le faire par l'escalier et par les ouvertures actuelles de prise d'air, trop étroites et mal situées.

Sans doute, il est des localités où la grande affluence d'air dans la cave a moins d'importance que dans d'autres: ce sont

celles qui, comme le Yorkshire, possèdent des cokes et des matériaux réfractaires, qui ne fournissent dans nos fourneaux de fusion qu'une scorie peu abondante et assez fluide pour tomber quasi entièrement d'elle-même à travers la grille. Mais dans toutes les localités où les cokes et les matériaux réfractaires fournissent dans les fourneaux de fusion une scorie abondante et trop visqueuse pour tomber d'elle-même, la grande affluence d'air à travers la cave est, sinon indispensable, du moins bien nécessaire dans l'intérêt de la santé des ouvriers chargés du service des grilles et cendriers, comme dans l'intérêt du travail lui-même; et en général, il n'est du reste aucune localité où l'affluence d'air à travers la cave ne soit bienfaisante, comme il n'en est non plus aucune où le courant d'air déterminé par l'absorption des fourneaux à travers l'escalier de la cave ou à travers d'étroites ouvertures de prise d'air, ne soit grandement préjudiciable à la santé des ouvriers.

3° RÉCHAUFFAGE DES BOUCHES A FEU POUR LE FORGEAGE OU LE RAFFINAGE DE L'ACIER.

Le réchauffage des canons en acier fondu doit être exécuté de manière que, dans chaque chaude qu'il est nécessaire de donner, la partie à forger en une chaude quelconque, arrive à point de forgeage, sans qu'aucune des autres parties du canon soit surchauffée. Comme, pour atteindre ce but, on ne peut guère employer les feux de forges, ni les fours à réchauffer ordinaires des forges et fonderies, je propose le four dont je vais donner la description en indiquant le mode du travail.

La sole du four à réchauffer sera circulaire et pourra recevoir un mouvement de rotation sur son centre. A cet effet, elle se composera d'au moins deux lits de briques réfractaires maçonnées sur un plateau horizontal en fonte, suffisamment fort et nervé; ce plateau sera monté sur le bout d'un arbre vertical, terminé à sa base par un tourillon engagé dans une crapaudine, qui contribuera à fixer la position verticale de l'arbre, mais qui ne supportera nullement le poids du système.

Environ à $0^m,20$ en dessous du plateau de la sole se trouvera une plaque annulaire en fonte, fixée horizontalement dans la masse de la maçonnerie du four et supportée d'ailleurs par des piliers en maçonnerie appuyant sur le sol. Cette plaque annulaire portera une rainure circulaire dans laquelle rouleront un certain nombre de galets en fonte dont les tourillons seront logés dans des mentonnets venus de fonte sur la face de dessous du plateau.

On comprend que ces galets, roulant dans la rainure circulaire de la plaque annulaire, fixeront avec la crapaudine de la base de l'arbre la position verticale de ce dernier et que tout le poids du système reposera sur cette plaque.

Entre les murs d'enceinte du laboratoire du four et la circonférence de la sole que je viens de décrire, on ménagera un intervalle de quelques millimètres qu'on remplira de sable quartzeux, assez fin, le plus pur, le plus réfractaire possible. Ce sable réfractaire reposera nécessairement sur la plaque annulaire mentionnée et il sera fixé dans sa position par un relief cylindrique venu de fonte sur cette plaque de manière qu'il ne pourra ni se perdre, ni nuire au mouvement de la sole en pénétrant dans la rainure dans laquelle tournent les galets. Sur la dite cloison cylindrique venue de fonte avec la plaque annulaire se trouveront quelques portières que l'on ouvrira toutes les fois qu'il sera nécessaire de renouveler le sable.

Sur la partie inférieure de l'arbre vertical se trouvera montée une grande roue d'engrenages conique commandée par un pignon dont l'axe portera une manivelle sur laquelle agiront deux hommes, pour imprimer un mouvement de rotation à la sole, soit afin de présenter ou soustraire telle ou telle partie du canon à l'action de la plus grande chaleur du four, soit afin de mettre le canon chauffé dans la position la plus convenable pour être enlevé du four.

Les dimensions principales du four et de sa cheminée seront telles qu'il puisse être porté rapidement à la température nécessaire à la chauffe des canons, mais dès que le canon aura atteint le premier rouge, la marche du four sera modérée par l'abaissement du registre et la grille sera constamment bien

garnie, de manière à produire un courant plutôt carburant qu'oxydant.

Les bouches à feu à chauffer ne porteront pas directement sur la sole du four, mais bien sur des rouleaux en fer qui faciliteront leur manœuvre pour l'entrée et la sortie, ainsi que pour l'obtention d'une bonne chauffe.

Malgré les conditions favorables que présente la marche du four pour prémunir les parties minces du canon des effets d'une trop forte température, telles que les tourillons, le bouton de culasse et la volée, ces parties seront couvertes par des manchons et demis-manchons, en même pâte réfractaire que celle des creusets de fusion, qu'on placera et qu'on enlèvera de manière à soustraire ou à soumettre à volonté ces parties à l'action du four.

La marche modérée du four, le mouvement circulaire de la sole, le courant plutôt carburant qu'oxidant, et le service des manchons et demi-manchons permettront de chauffer la partie la plus épaisse des canons à point de forgeage, sans surchauffer ni décomposer les parties minces.

Le combustible s'introduira sur la grille comme dans les fours à chauffer. On ménagera une porte latérale sur le milieu du laboratoire du four, pour l'entrée et la sortie des canons, et il y aura en sus de ces ouvertures quelques regards que l'on fermera et ouvrira à volonté, pour surveiller l'état de la pièce à chauffer ainsi que celui de toutes les parties du laboratoire du four.

L'entrée et la sortie des bouches à feu du four se feront au moyen de l'appareil suivant : un fort chariot de transport de forge, dont la table sera élevée au-dessus du pavé en fonte de la forge, de la même hauteur que celle de la sole du four, y compris l'épaisseur des rouleaux, servira au transport des canons dans le four.

Dans le plan vertical passant par le milieu de la largeur de la porte du four, et perpendiculairement à la longueur du four, se trouvera établie, à une distance de quelques mètres, une machine dont l'organe principal sera une forte et longue vis à filets carrés, reposant horizontalement sur deux paliers. Sur cette vis sera montée une roue d'angle en communication

avec deux autres roues d'angle, tournant folles sur un arbre horizontal dont l'axe se trouvera dans le même plan horizontal que celui de la vis. Cet arbre horizontal portera entre les deux dernières roues un échappement susceptible d'embrayer tour à tour avec chacune des deux roues; il sera en communication, par courroie, avec un arbre principal de transmission mû par une machine motrice.

On comprend qu'en embrayant le manchon avec l'une ou l'autre des deux roues d'angles montées sur le même arbre, on fera tourner la vis dans l'un ou l'autre sens. Cette vis portera un fort écrou, qui ne sera pas susceptible de suivre son mouvement de rotation et qui, par suite, subira un mouvement de translation, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, suivant que le manchon sera embrayé à droite ou à gauche. Sur cet écrou viendra se fixer une forte barre de fer, ou mieux d'acier, terminée par une longue fourche qui s'unira à l'écrou à droite et à gauche. La barre d'acier glissera horizontalement entre des guides à roulettes, et elle se trouvera approximativement dans le même plan horizontal que l'axe du canon chauffant au four. Son extrémité sera cylindrique et d'un diamètre un peu moindre que le côté du carré de la barre. Cette extrémité cylindrique s'engagera dans l'attache des manches d'une très-forte pince destinée à saisir le canon, et une forte clavette, traversant l'extrême bout cylindrique de la barre, unira la machine à la pince.

Si donc le chariot de transport de forge se trouve placé devant la porte du four portant un canon qu'on veuille introduire, les pinces étant fixées sur le canon et la machine reliée aux pinces, il suffira, pour pousser le canon dans le four, d'embrayer le manchon avec la roue d'angle correspondante et de désembrayer aussitôt que le canon aura pris sa place dans le four sur les rouleaux mentionnés. Quand il s'agira, au contraire, de retirer un canon du four, après avoir placé le chariot devant le four et avoir fixé les pinces au canon et à la machine, il suffira, pour l'en retirer, d'embrayer le manchon avec la deuxième roue d'angle, sauf à désembrayer aussitôt que le canon aura pris sa place sur le chariot. Le canon une fois placé sur le chariot, on fera sauter la clavette qui unit la machine

aux pinces, et le canon sera immédiatement conduit sur l'enclume du marteau-pilon où on devra le forger; ce pilon sera établi à proximité du four.

Le mode de travail que je viens de décrire, pour l'entrée et la sortie du canon du four, présente beaucoup plus de facilités et moins d'inconvénients que les différents modes aujourd'hui pratiqués dans les forges pour l'exécution de manœuvres analogues. Il est vrai que ce mode de travail requiert l'emploi d'un moteur, mais dans la forge qui m'occupe, comme dans la majeure partie des forges, on peut obtenir une grande quantité de vapeur comme produit secondaire de la chaleur développée. J'observerai, du reste, que toutes les fois que les bouches à feu ne seraient pas d'un très-fort calibre, la manœuvre de la machine à entrer et sortir les canons du four, pourrait s'effectuer à bras d'hommes avec avantage.

4° FORGEAGE DES BOUCHES A FEU.

Le principe essentiel et général à observer dans le forgeage des canons d'acier fondu, c'est que ce forgeage soit suffisant, c'est-à-dire qu'il soit poussé assez loin pour que la section transversale du canon forgé, en une quelconque des parties, soit suffisamment réduite par rapport à la section de la même partie du lingot-canon-brut. Il doit en être ainsi par la raison qu'en général l'acier fondu n'acquiert la grande ténacité qu'on lui connaît, que pour autant qu'il soit suffisamment forgé et que ce forgeage soit exécuté par des machines suffisamment puissantes par rapport aux sections du lingot brut et de la barre à obtenir.

Si donc on négligeait ce principe essentiel, la ténacité des canons serait inférieure à celle des aciers fondus convenablement fabriqués, et on pourrait n'obtenir que des canons mauvais ou de qualités médiocres, malgré l'emploi d'un acier convenable pour bouches à feu et malgré la parfaite exécution de la fusion, de la coulée et du réchauffage.

Pour satisfaire aux conditions précitées, le forgeage des canons s'effectuera au moyen de marteaux-pilons proportionnés aux calibres, et le plus léger de ces pilons (celui qui sera destiné au forgeage des pièces de campagne) pèsera 3000 kilo-

grammes. Chacun des pilons à employer sera établi à proximité du four à chauffer qui devra le servir. Les tables d'enclumes se trouveront à la même hauteur au-dessus du sol de la forge, que les tables des chariots de transport de forges, de manière que les canons puissent aisément passer des chariots sur les enclumes et vice-versâ.

Vis-à-vis de chacun des pilons se trouvera établie une machine semblable (sauf les dimensions et quelques différences de détails) à celle que j'ai décrite pour l'entrée et la sortie des canons du four à réchauffer. L'axe de la vis de cette machine se trouvera approximativement à la même hauteur et suivant la même ligne que l'axe du canon placé sur l'enclume. On comprend dès lors que, en manœuvrant cette machine à peu près comme il est dit pour celle du four à réchauffer, le canon subira sur l'enclume un mouvement de translation dans un sens et dans l'autre, suivant les besoins du forgeage, et comme d'ailleurs la composition de cette machine ne s'oppose nullement à ce que le canon reçoive en même temps un mouvement de rotation sur son axe, les ouvriers forgerons pourront lui imprimer ce mouvement de rotation en agissant sur une forte pince à manche en T, qu'ils auront fixée à l'extrémité du canon opposée à la machine.

Tout le forgeage de la masse du canon s'exécutera en lui faisant subir dans toutes ses parties les mouvements simultanés de translation et de rotation précités. La partie du deuxième renfort avoisinant les tourillons réclamera à cet effet l'usage d'enclumes et de pannes de marteaux de formes spéciales, et il faudra finir, au moyen d'étampes, le forgeage de quelques parties étroites dans le voisinage des tourillons, ainsi que celui des tourillons eux-mêmes (1).

---

(1) Il est à observer que le forgeage des canons d'acier fondu se simplifierait considérablement si on cerclait ces canons sur toute la longueur du premier et du deuxième renforts, en rapportant les tourillons et leurs embases sur la pièce au moyen d'un fort bandage dont ils feraient partie. Le système de cercles appuierait contre un épaulement à angle droit, ménagé au tour, près du raccordement du deuxième renfort avec la volée. Les cercles pourraient être en acier fondu, en acier puddlé ou en fer fort de la meilleure espèce. Sans doute, ce mode de fabrication serait plus cher

Je limiterai ici ce que j'ai à dire sur le forgeage, me réservant de décrire dans l'avenir quelques moyens accessoires utiles, ainsi que la disposition générale de la forge.

CONCLUSION.

En terminant cette notice ou description sommaire de mon projet, je crois devoir appeler de nouveau l'attention sur ces faits essentiels, que la ténacité et la dureté de l'acier fondu non trempé, sont supérieures à celles de tous les autres produits sidérurgiques ainsi qu'à celles du bronze, tandis que le prix de revient des canons d'acier fondu rayés et entièrement finis, atteindrait à peine, à calibres et poids égaux, 50 % du prix de revient des canons en bronze. En conséquence, l'acier fondu paraît être le métal à canon par excellence, soit pour artillerie à âme lisse, soit pour artillerie rayée, et si les épreuves faites jusqu'à ce jour n'ont pas toujours donné de bons résultats, n'est-il pas rationnel d'attribuer cette circonstance à certains défauts de proportions dans les bouches à feu éprouvées, ou à certains défauts de leur fabrication. Cette dernière supposition paraît la plus probable; car enfin la fabrication des bouches à feu en acier fondu est née d'hier, et combien l'étude, l'observation et la pratique n'auront-elles pas à gagner dans cet art nouveau? Quant à moi, j'ai l'intime conviction que toutes les difficultés seront surmontées, et que l'artillerie en acier fondu est appelée à remplacer successivement dans un temps donné :

1° L'artillerie en bronze et en fer forgé pour la guerre de campagne;

2° L'artillerie en fonte cerclée pour l'armement des vaisseaux, et peut être même, mais en dernier lieu, jusqu'à l'artillerie de bronze et de fonte cerclée, destinée à l'attaque des places et à la défense des places et des côtes.

Truvia, 17 février 1862.

---

que celui qui consisterait à fabriquer les canons d'acier fondu d'une seule pièce, mais, par plusieurs raisons, à épaisseurs et poids égaux pour les deux systèmes, combien la résistance et la sécurité ne seraient elles pas augmentées dans les canons cerclés et à tourillons rapportés?

ÉCLAIRAGE AU GAZ.

PARALLÈLE AVEC LES AUTRES MOYENS D'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL. DISCUSSION DES PERFECTIONNEMENTS,

PAR

SAMUEL HUGHES,

INGÉNIEUR CIVIL, F. G. S.

(Suite et fin.) Pl. 9.

RELATION ENTRE LA PRESSION ET LA CONSOMMATION.

Les nombreuses expériences que j'ai faites avec des becs d'espèces différentes, sous toutes les variations de pression, m'ont démontré que la loi qui donne la consommation proportionnelle à la racine carrée de la pression est loin de se vérifier dans la pratique. D'après cette loi, la dépense de gaz pour une pression de 4 dixièmes de pouce devrait être double de celle correspondante à une pression d'un dixième. Or, voici ce que fournit une série d'expériences prises au hasard dans un grand nombre d'autres :

NUMÉRO DES EXPÉRIENCES.	DÉPENSE À UNE PRESSION DE 1 DIXIÈME.	DÉPENSE THÉORIQUE À UNE PRESSION DE 4 DIXIÈMES.	DÉPENSE RÉELLE DÉDUITE DE L'EXPÉRIENCE.
1	0pc,85	1,70	2,72
2	0 ,98	1,96	2,65
3	1 ,16	2,32	3,14
4	1 ,14	2 28	3,30

De même la dépense correspondante à une pression de 9 dixièmes devrait être de 50 °/o plus grande que la dépense correspondante à une pression de 4 dixièmes. Or, voici les résultats de l'expérience :

NUMÉRO DES EXPÉRIENCES.	DÉPENSE À UNE PRESSION DE 4 DIXIÈMES.	DÉPENSE THÉORIQUE À UNE PRESSION DE 9 DIXIÈMES.	DÉPENSE RÉELLE DÉDUITE DE L'EXPÉRIENCE.
1	3pᵉ,77	5,65	6,04
2	2 ,30	3,45	3,90
3	3 ,50	5,25	5,71
4	2 ,72	4,08	4,78
5	2 ,65	3,98	4,69
6	3 ,14	4,71	5,62
7	3 ,30	4,95	5,58

On voit donc que, dans l'application à l'éclairage de la voirie publique, si l'on veut déduire de la valeur de la dépense pour une petite pression, 4 dixièmes par exemple, celle que donnera une pression plus forte, on obtiendra un résultat beaucoup trop faible ; et qu'au contraire le même calcul pour la dépense correspondante à une petite pression, basé sur les résultats fournis par une pression plus forte, donnerait des valeurs beaucoup trop grandes.

Ainsi, supposons qu'à la première heure après le coucher du soleil une lanterne, brûlant à une pression de 16 dixièmes de pouce, dépense cinq pieds cubes de gaz, et que vers le matin la pression soit réduite à quatre dixièmes : d'après la théorie, la dépense au matin serait de 2 1/2 pieds, tandis qu'elle n'est en réalité que de 1,87 pied. Le résultat théorique est donc de 25 °/o trop grand.

Soient p la pression du gaz.

» q la dépense correspondante à la pression p.

» P une pression quelconque pour laquelle on cherche la dépense.

» Q cette dépense à la pression P.

D'après la théorie on aurait :

$$\sqrt{p} : \sqrt{P} = q : Q$$

$$\frac{q\sqrt{P}}{\sqrt{p}} = Q \quad \text{ou} \quad q\left(\frac{P}{p}\right)^{\frac{1}{2}} = Q \qquad (1)$$

Divers auteurs admettent que dans le passage du gaz à travers un orifice il se développe une résistance uniforme et indépendante de la pression, et que, par conséquent, l'équation devrait contenir un terme indépendant de p. Dans le grand nombre d'expériences que j'ai faites, il m'a été impossible de trouver les éléments d'une formule qui s'accorde sous ce rapport avec les résultats obtenus. L'essai de nombreuses formules de la forme $\sqrt{p} \pm np$, ne m'a donné aucune valeur suffisamment rapprochée, et il m'a porté à considérer la dépense comme étant une fonction plutôt de p^n que de toute autre expression de p. J'ai donc recherché la valeur de n dans cette fonction et j'ai reconnu qu'elle est égale à $\frac{7}{10}$, c'est-à-dire que la dépense varie comme $\sqrt[10]{p^7}$. D'où l'on tire

$$p^{0,7} : P^{0,7} = q : Q$$

et

$$q\,\frac{P^{0,7}}{p^{0,7}} = Q. \qquad (2)$$

Comme le calcul de cette puissance fractionnaire sans tables de logarithmes serait assez pénible, j'ai cru utile d'annexer ici une table donnant la puissance $\frac{7}{10}$ de toutes les pressions variant par millimètre depuis 1 millimètre jusque 80 (1).

(1) Cette table n'ayant d'autre but que la recherche d'un rapport, la désignation des unités est sans importance. Il en résulte qu'elle peut servir à calculer d'après les mesures anglaises aussi bien que d'après les nôtres. La table de l'auteur commençait à un et allait par demi unité jusque 30. Je l'ai fait marcher par unité jusque 80 parce que en cet état elle est plus propre au calcul d'après nos mesures.

N. du Tr.

Table indiquant la dépense de gaz pour des pressions variant par millimètre, depuis 1^{mm} jusqu'à 80^{mm}, la dépense pour 1^{mm} étant prise pour unité.

PRESSION EN MILLIMÈTRES OU VALEUR DE *p*.	DÉPENSE EN LITRES OU VALEUR DE $p^{0,7}$.	PRESSION EN MILLIMÈTRES OU VALEUR DE *p*	DÉPENSE EN LITRES OU VALEUR DE $p^{0,7}$.	PRESSION EN MILLIMÈTRES OU VALEUR DE *p*.	DÉPENSE EN LITRES OU VALEUR DE $p^{0,7}$	PRESSION EN MILLIMÈTRES OU VALEUR DE *p*.	DÉPENSE EN LITRES OU VALEUR DE $p^{0,7}$.
1	1,00	21	8,43	41	13,46	61	17 77
2	1,62	22	8,70	42	13,68	62	17,94
3	2,16	23	8,98	43	13.91	63	18,18
4	2,64	24	9.25	44	14,14	64	18 37
5	3,09	25	9,52	45	14 37	65	18,58
6	3,51	26	9,78	46	14,58	66	18,78
7	3,90	27	10,04	47	14,81	67	18,98
8	4,29	28	10,30	48	15,02	68	19,18
9	4,65	29	10,56	49	15,25	69	19,37
10	5,01	30	10,81	50	15,46	70	19,57
11	5,36	31	11,06	51	15,69	71	19,76
12	5,69	32	11,31	52	15,89	72	19,96
13	6,02	33	11,57	53	16,11	73	20,15
14	6,34	34	11,80	54	16,31	74	20,34
15	6,67	35	12.05	55	16,53	75	20,54
16	6,96	36	12,29	56	16,74	76	20,72
17	7,27	37	12.52	57	16,96	77	20 91
18	7,56	38	12,76	58	17,15	78	21,12
19	7,85	39	12,99	59	17,36	79	21.30
20	8,14	40	13,23	60	17,57	80	21,49

L'usage de cette table est très-simple. Voici la règle à suivre pour trouver la dépense Q lorsque p et q sont donnés et que P est désigné :

Divisez la dépense donnée q en litres par le nombre de la table correspondant à la pression p connue, multipliez le quotient c de cette division par le nombre de la table correspondant à la pression P pour laquelle on demande la dépense, le produit sera la dépense Q demandée.

Exemple : On sait qu'un brûleur à une pression de 25^{mm} dépense 100 litres par heure, quelle sera la dépense Q à une pression de 15^{mm}.

on a : $q = 100$, $p = 25$; $P = 15$, et on trouve :

$$p^{0,7} = 9{,}52 \quad P^{0,7} = 6{,}67 \quad c = 10{,}504$$

et enfin $$Q = 6{,}67 \times 10{,}504 = 70{,}06 \text{ litres.}$$

Il est bon de remarquer que le quotient c devient une constante pour un brûleur donné et qu'il peut servir à déterminer la dépense pour toutes les pressions voulues et pour le même brûleur. Quand c est plus grand que l'unité, le brûleur est plus grand que celui pour lequel la table a été calculée et réciproquement. Le quotient c pourrait s'appeler *la constante du brûleur*. Pour la déterminer, il suffit de faire une seule expérience bien exacte, au moyen d'une cloche graduée ou d'un compteur quelconque : que l'on note exactement la pression, et, après avoir lu la dépense sur l'échelle de graduation de la cloche, que l'on divise cette dépense par le nombre de la table correspondant à la pression pendant l'expérience, le quotient représentera la constante cherchée du brûleur.

D'après cela, pour connaître la dépense réelle d'un brûleur à gaz, il suffira d'en connaître la constante et les pressions auxquelles le gaz s'est écoulé. C'est donc à la recherche des pressions que le problème est ramené.

LOIS DE LA PRESSION. LEUR DÉTERMINATION.

1. Concevons que le gaz sortant d'un récipient quelconque à une pression déterminée et représentée par un certain nombre

de millimètres de hauteur d'eau, se répande dans un réseau de conduits horizontaux fermé de toutes parts, la pression sera la même dans tout le système; elle sera indépendante et des dimensions des conduits et de leur distance au récipient.

2. Mais si les tuyaux sont inclinés, les pressions varieront avec les hauteurs au-dessus d'un même plan horizontal fixe. On admet généralement que la pression augmente de $\frac{1}{1200}$ de mètre par mètre de hauteur dans les conduits ascendants et qu'elle diminue dans le même rapport pour les conduits descendants.

3. Lorsque le gaz s'échappe par les orifices de nombreux tuyaux, en d'autres termes, lorsqu'il y a un grand nombre de brûleurs en activité, il s'opère un tirage plus ou moins irrégulier qui affecte la pression dont la valeur ne dépend plus uniquement de la hauteur du point où elle est mesurée.

La pression dont il est ici question est supposée prise en un point quelconque de la distribution, sans désignation de forme particulière du bec, et il importe de ne pas la confondre avec celle prise au brûleur entre le robinet et l'orifice de sortie par où le gaz s'échappe en brûlant ou non.

J'appellerai *pression d'arrêt* la première pression, et *pression au brûleur* la seconde.

La fig. 3, pl. 9, représente le manomètre dont je me sers de préférence pour mesurer la pression du gaz aux becs des lanternes des rues.

Il se compose essentiellement d'un tube de verre en U muni d'une branche horizontale qui le met en communication avec une pièce métallique dite pièce en T et dans laquelle le brûleur est vissé. Pour préparer l'instrument, on doit remplir le tube en U jusqu'au zéro de l'échelle d'une eau colorée (1).

a, tuyau de service qui amène le gaz au brûleur.

b, pièce en T mise en place. La fig. 4 en rend les détails plus intelligibles.

---

(1) Le liquide dont on se sert ordinairement est une infusion filtrée de cochenille, préparée à chaud, additionnée de quelques gouttes d'acide chlorhydrique ou nitrique pour empêcher la couleur de se ternir.

Sa densité doit être celle de l'eau pure à 4°.

(*N. du Tr.*)

c, bouchon destiné à fermer la pièce en T, lorsque l'on veut mesurer la pression d'arrêt, ou la pression qui n'est pas influencée par le tirage du bec.

d, bras horizontal de la pièce en T, fileté à son extrémité pour s'assembler au manchon *e*.

e, manchon reliant le bras de la pièce en T au bras horizontal du tube en U.

f, branche horizontale du tube en U. Cette branche se termine par un boisseau de robinet dont la clef est le prolongement métallique de la branche *g* du tube en U. Lorsque ce tube est dans la position indiquée par la figure, la pièce en T et le tube sont en communication l'une avec l'autre; mais si l'on fait faire à la branche *g* une demi-révolution de façon à ce que la branche *g'* vienne se mettre près du tuyau de service, la communication est interrompue et l'instrument ne marque pas.

g, branche du tube en U dans laquelle s'exerce la pression du gaz. Le liquide se trouve au point 0 dans les deux branches, lorsqu'aucune pression ne s'exerce sur la surfaçe du liquide en *g*.

g', autre branche du tube en U, dans laquelle le liquide s'élève lorsqu'il y a pression en *g* et s'abaisse lorsqu'il y a aspiration en *g*.

h, vis de la pièce en T, destinée à mettre celle-ci en place du brûleur pour faire une expérience. Le diamètre et le pas de cette vis doivent nécessairement être les mêmes que ceux de la vis du brûleur. Il en résulte qu'il faut, lorsque l'on veut expérimenter sur une série de brûleurs, avoir une série correspondante de pièces en T avec des vis de dimensions différentes. A la partie supérieure *b* de la pièce en T est un trou filtré intérieurement au même pas et au même diamètre que la vis *h*. C'est là que doit s'assembler le brûleur lorsque l'on en veut mesurer les pressions pendant la marche.

i, robinet de service.

k, brûleur que l'on visse dans la pièce en T. La pièce en T livre donc passage aux gaz, et vers le brûleur, et vers le tube en U.

On a dans la figure indiqué différents points de l'échelle de graduation du tube; D, D indiquent la pression d'arrêt, lorsque le robinet de service est entièrement ouvert et la pièce en T

fermée par le dessus. Le liquide est dans la branche g à 10 divisions au-dessous du point 0 ; (ces divisions doivent être des millimètres) et en g' à une hauteur de 10 divisions au-dessus du point 0. La pression est donnée par la somme des deux écarts ou 20 divisions.

Si, au commencement de l'expérience, le liquide ne se trouve pas à zéro dans chaque branche, mais, par exemple, dans g à la hauteur d'une division en dessous de 0 et dans g' à la hauteur d'une division au-dessus de 0, la pression initiale sera de deux divisions. Ensuite l'augmentation ou la diminution de pression sera toujours indiquée par la somme des écarts.

Si le robinet n'est ouvert qu'en partie, et la pièce en T fermée par le dessus, la pression d'arrêt sera la même que si le robinet était entièrement ouvert, et c'est encore D, D qui l'indiquera. Il n'en sera plus de même dans un bâtiment où d'autres becs sont en activité, parce qu'alors les becs sont assez rapprochés pour que ceux qui brûlent opèrent un tirage du gaz sur les autres. Mais dans les rues où les lanternes sont assez écartées les unes des autres, peu importe que le robinet soit ou non entièrement ouvert, du moment que le bec est fermé, c'est la pression dans la maîtresse-conduite qu'indique la pression d'arrêt D D. Quand le robinet ne laisserait qu'une ouverture égale au trou d'une aiguille, cela suffit pour que la pression s'équilibre dans les deux milieux, du moment qu'il n'y a pas de tirage.

Lorsque le robinet est complètement ouvert, la flamme prend le développement maximum pour la pression actuelle ; voir la ligne extérieure ponctuée fig. 3, et si la colonne d'eau s'arrête en C C, la pression sera de 10 divisions, mais si l'on ferme en partie le robinet, la flamme se réduit aux dimensions du contour pointillé intérieur, développement maximum pour la nouvelle pression qui peut descendre à 4 divisions. Il y a bien des villes où l'on peut voir de nombreux exemples de ce dernier état.

Enfin, lorsque le robinet est entièrement fermé, et qu'il n'y a pas de pression, le manomètre marque 0 dans les deux branches.

Quant à la marche à suivre dans les expériences sur les lanternes publiques, je ne puis mieux l'indiquer qu'en rapportant

ici les expériences que j'ai faites pour l'enquête sur l'éclairage au gaz de la Métropole.

ÉCLAIRAGE DE LONDRES. MARCHE A SUIVRE DANS LES EXPÉRIENCES SUR LES LANTERNES DES RUES.

L'appareil consiste simplement en un manomètre et une petite pièce en T qu'on assemble lorsque l'on veut mesurer la pression.

On désigne 18 ou 20 lanternes au choix du surveillant, prises en différents endroits du district, et on les numérote soigneusement pour pouvoir, au besoin, constater leur identité.

On mesure la pression à chaque heure de la nuit ou aux instants où l'on sait qu'elle varie.

On inscrit les pressions sur une feuille dont voici le modèle :

District ou paroisse de . . . .

Pressions dans la nuit du . . . .

NUMÉROS DES LAMPES.	8 H. DE R		9 H DE R.		10 H. DE R.		11 H. DE R.		12 H.		1 H. MATIN.		ETC.	
	PRESSION D'ARRÊT.	PRESSION DE MARCHE.	PRESSION D'ARRÊT.	PRESSION DE MARCHE.	PRESSION D'ARRÊT.	PRESSION DE MARCHE.	PRESSION D'ARRÊT.	PRESSION DE MARCHE.	PRESSION D'ARRÊT.	PRESSION DE MARCHE.	PRESSION D'ARRÊT.	PRESSION DE MARCHE.	PRESSION D'ARRÊT.	PRESSION DE MARCHE.
1														
2														
3														
etc.														

MARCHE A SUIVRE POUR MESURER LA PRESSION.

Soufflez la flamme, dévissez le brûleur en laissant le robinet parfaitement dans la position que lui a donnée l'allumeur. Mettez la pièce en T à la place du brûleur, puis vissez le brûleur sur la pièce en T; ajoutez-y le manomètre, puis lisez la pression, d'abord lorsque le brûleur est fermé, et ensuite lorsque la flamme prend le même développement qu'elle avait avant l'expérience. Inscrivez les observations dans la colonne convenable de la feuille dont nous avons donné le modèle.

Il faut autant que possible prendre les pressions à chaque heure de la nuit; si on ne les prend qu'à de plus longs intervalles, il faut faire tomber les essais aux moments où l'on sait que la pression varie.

Dans tous les cas, il faut continuer les expériences pendant six ou sept jours, après quoi on enlèvera le brûleur à chaque lanterne essayée, en lui donnant le numéro de la lanterne, et on le remplacera par un nouveau brûleur semblable pour ne pas interrompre l'éclairage public.

Il faut ensuite soumettre chaque brûleur aux expériences nécessaires pour connaître leur dépense aux différentes pressions qui auront été mesurées.

La table suivante, calculée d'après le *British Almanac*, sera utile à toutes les personnes qui s'occupent de l'éclairage public. Elle indique, pour chaque mois de l'année, le nombre d'heures qui s'écoulent entre le coucher et le lever du soleil. Il sera facile aussi, d'après cette table, de calculer pour une année le nombre d'heures d'éclairage, lorsque l'on fixe d'autres moments que le coucher et le lever du soleil pour allumer et éteindre les becs, par exemple, lorsque l'on cesse d'éclairer pendant les clairs de lune.

MOIS.	NOMBRE D'HEURES QUI S'ÉCOULENT ENTRE MINUIT ET LE LEVER DU SOLEIL.	NOMBRE D'HEURES QUI S'ÉCOULENT ENTRE MIDI ET LE LEVER DU SOLEIL.	NOMBRE D'HEURES QUI S'ÉCOULENT ENTRE LE LEVER DU SOLEIL ET MINUIT, CALCULÉ D'APRÈS LA COLONNE PRÉCÉDENTE	NOMBRE D'HEURES QUI S'ÉCOULENT ENTRE LE COUCHER ET LE LEVER DU SOLEIL OU SOMME DES COLONNES 1 ET 3.
	1	2	3	4
	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.
Janvier.	247,29	134,42	237,18	484,47
Février.	203,55	145,35	190,27	394,22
Mars.	193,27	188,02	183,58	377,25
Avril.	153,10	207,30	152,30	305,40
Mai.	129,27	239,24	132,36	262,03
Juin	113,00	247,20	112,40	225,40
Juillet.	126,00	231,12	120,48	246,48
Août.	148,49	226,28	145,32	294,21
Septembre.	168,19	186,08	173,52	342,11
Octobre.	200,01	157,03	214,55	414,56
Novembre.	220,10	124,54	233,06	453,16
Décembre.	248,17	119,31	252,29	500,46
	2132,04	2227,49	2132,11	4304,15
A ajouter pour les années bissextiles.	6,49	5,37	6,23	13,12
	2138,53	2233,26	2138,34	4317,27

Nombre moyen d'heures qui s'écoulent entre le coucher et le lever du soleil : 3 ans à 4304,15 par an = 12,912,45

1 an à 4,317,27

4 ans 17,230,12

Moyenne 4307 heures 33 minutes.

RÉGULATEUR DE PRESSION POUR LES LAMPES PUBLIQUES.

Dès les premiers jours où l'on appliqua le gaz à l'éclairage public, on apprécia la nécessité de régulariser la pression et de la rendre indépendante des changements brusques qui peuvent survenir, soit dans les conduits, soit dans le gazomètre. A cette fin, on employa le régulateur (governor). C'est une cloche à gaz avec un tuyau d'admission et un tuyau d'émission. Le tuyau d'admission a à son intérieur un cône qui s'élève avec la cloche, quand la pression augmente, et descend avec elle quand la pression diminue. A mesure que le cône s'élève, il intercepte de plus en plus le passage du gaz, tandis qu'en descendant il l'augmente. Son mouvement régularise donc la dépense du gaz en raison inverse de la pression, en admettant moins de gaz, quand la pression augmente, et plus de gaz, lorsqu'elle diminue.

Lorsqu'un régulateur fonctionne bien, l'écoulement du gaz par le tuyau d'émission est constant, quelle que soit la pression ou le tirage dans le tuyau d'introduction.

Dans mon traité sur les appareils à gaz, *Weale's Rudimentary series*, p. 230, j'ai donné une description détaillée du régulateur.

On a fait sur le même modèle de petits régulateurs à l'usage des grands édifices. Pour des constructions d'une certaine étendue, il est bon d'y placer un régulateur à chaque étage, et bien entretenus ils fonctionnent convenablement.

Dans les hôtels et les grands établissements publics, où la surveillance du personnel est difficile, l'emploi du régulateur est le meilleur moyen d'empêcher de gaspiller le gaz. Toutefois, il est facile à tout consommateur de régler sa consommation de gaz sans employer de régulateur.

Par une singulière erreur, les consommateurs de gaz veulent absolument en régler la consommation, en ouvrant plus ou moins le robinet de chaque bec en particulier, jusqu'à ce que la flamme prenne un développement convenable. Or, dans cette condition, le gaz ne brûle pas de façon à donner le plus de

lumière possible avec la moindre dépense : le courant de gaz arrêté en partie se brise contre les parois du tuyau et comme il n'a pas le temps de se reformer, la flamme se dentelle, s'éparpille et vacille. C'est le robinet du compteur qu'il faut ouvrir plus ou moins : le robinet spécial de chaque bec doit être complètement ouvert.

Le robinet du compteur pourra servir à régulariser la consommation pour l'étage où il est placé et pour l'étage supérieur ; en sorte que si l'on place, comme d'ordinaire, le compteur au sous-sol, son robinet servira de régulateur pour les caves et le rez-de-chaussée. Dans les constructions élevées, il serait bon de placer un robinet régulateur à chaque étage. C'est à ce même robinet qu'il faudra recourir si la pression vient à varier.

Pour les grands établissements, où la surveillance du service est difficile, l'avantage de cette méthode est évident, car, si c'est à chaque bec que l'on doit régulariser la consommation, tout individu, qui a un bec à sa portée, peut prodiguer le gaz sans aucune retenue. Si, au contraire, la consommation n'est suffisante que lorsque le robinet spécial de chaque bec est entièrement ouvert, et si c'est le robinet du compteur qui règle l'écoulement, il est évident qu'on ne pourra jamais consommer plus de gaz que n'en fournit la source. Si les consommateurs y réfléchissaient un peu, ils y trouveraient un facile moyen d'économie.

Tout cela est mieux compris dans le Nord de l'Angleterre que dans tout le reste du pays, et cependant j'y ai souvent vu le robinet spécial de chaque bec tourné à chaque instant pour tâcher d'obtenir une lumière uniforme : on n'y réussit guère, tandis qu'en ouvrant convenablement le robinet du compteur et laissant les robinets des becs entièrement ouverts, on obtiendrait une flamme constante, avec une dépense beaucoup moindre.

On se plaint quelquefois de l'ennui de devoir recourir au compteur pour régler la dépense, et c'est lorsque le compteur est dans les souterrains. Mais pourquoi le placer là, ou plutôt pourquoi ne pas employer un moyen d'agir sur le robinet du

compteur, d'un endroit quelconque du bâtiment? On pourrait même, comme objet d'art servant à la décoration du plus beau salon, faire un cadran indiquant, à la première vue, l'état du robinet et fournissant, au moyen d'une clef semblable à une clef d'horloge, un moyen facile d'agir sur le robinet et de régler la consommation. A Leed et dans le Nord, ces sortes d'appareils sont fort communs. On peut s'en procurer chez M. Carnaby, Skinner street, Snowhill, London.

Revenons maintenant aux régulateurs pour les lanternes des rues; ce sont de très-petits appareils appliqués à un seul bec, et dont la construction est fondée sur le même principe que les grands régulateurs : ils renferment une cloche dont la position dépend de la pression du gaz, un tuyau d'admission et un tuyau d'émission, et dans le premier un cône qui suit les mouvements de la cloche et ouvre plus ou moins la section d'admission. Dans de certains régulateurs, comme ceux de Sugg, de Paddon, de Ford, la cloche n'est pas mobile, mais son plafond est flexible, ce qui revient au même pour le mouvement. Il en est de même des régulateurs que l'on a faits pour les colonies et pour l'exportation. Dans le régulateur de Clybran, la cloche mobile, au lieu de plonger dans l'eau, plonge dans le mercure.

La figure 5 représente le régulateur construit chez M. William Sugg, Marsham-street, Westminster. Ce régulateur fut d'abord adopté par la Chartered Gas Company, dans le district de Westminster comprenant les paroisses de St-Margaret et de St-Jean-l'Évangéliste. Les Compagnies Impériales, Western et autres, l'ont depuis adoptée.

DESCRIPTION DU RÉGULATEUR DE SUGG.

A, tuyau d'admission s'assemblant au tuyau de service de la lanterne;

B, chambre conique;

C, soupape hémisphérique assemblée par une tige au plafond de la cloche à gaz et qui sert à ouvrir plus ou moins le passage du gaz, selon qu'elle descend ou monte;

D, disque métallique formant le plafond du réservoir à gaz;

E, cylindre de cuir formant la paroi de la cloche;

F, tuyau d'émission conduisant le gaz de la cloche au brûleur;

G, G, contre-poids en plomb destinés à régler la pression du gaz de manière à ce que, lorsque l'on se sert d'un brûleur donné, il ne passe qu'un certain volume de gaz à toutes les pressions excédant la pression initiale quand le régulateur est enlevé;

H, tuyau fileté pour s'assembler au brûleur;

I, enveloppe extérieure de l'instrument.

Ces régulateurs se vendent fr. 3,75 la pièce.

RÉGULATEUR DE PADDON ET DE FORD.

La figure 6 représente le régulateur de MM. Paddon et Ford. La Compagnie Impériale l'a adopté la première pour maintenir la pression dans les endroits élevés de leur district, vers Paddington and Hampsead Heath. Depuis, on s'en est aussi servi dans d'autres districts de la métropole.

A, tuyau d'admission qu'on visse sur le tuyau de service de la lanterne;

B, soupape conique en acier aimanté qui agit comme la précédente et qui est aussi reliée, au moyen d'une tige, au plafond de la cloche;

C, boîte en fer doux qui maintient le cône dans sa position au centre;

D, disque de métal formant le plafond de la cloche;

F, cuir flexible formant la paroi de la cloche;

G, enveloppe extérieure du régulateur;

H, tuyau fileté pour recevoir le brûleur;

I, cône fileté pour s'adapter au brûleur;

K, brûleur;

L, tuyau d'émission conduisant de la cloche au brûleur.

RÉGULATEUR A MERCURE DE CLYBRAN.

La figure 7 représente le régulateur en usage à Bolton et dans d'autres villes du Lancashire, avec le robinet particulier pour les lanternes qu'on allume, au moyen de tiges à falot, sans échelle.

A, douille pour assembler le régulateur à la vis du tuyau du robinet;

B, entrée conique du gaz;

C, C, chambres remplies de gaz lorsque le régulateur est en activité;

D, cloche à gaz.

E, rainure annulaire contenant le mercure dans lequel la cloche monte et descend;

F, soupape avec sa tige suspendue comme les précédentes et agissant de la même façon;

G, tuyau d'admission conduisant de la cloche au brûleur H;

I, robinet du tuyau de service;

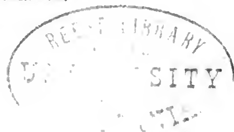
K, manche de la clef du robinet se manœuvrant au moyen du crochet de la tige à falot;

L, couverture mobile qu'on enlève pour mettre ou ajouter du mercure.

OBSERVATIONS SUR LES RÉGULATEURS.

Les opinions sont fort partagées sur l'application des régulateurs aux lanternes des rues.

Il est incontestable qu'ils donnent une flamme d'une uniformité presque parfaite, premier et grand perfectionnement : car combien la flamme ne variait-elle pas quand la consommation descendait de 142 à 50 litres à l'heure, dans une même nuit. Ensuite l'ouverture complète du robinet, dont le passage est parfaitement poli, empêche ces vacillations si désagréables de la flamme, et avec une même dépense de gaz on obtient beaucoup plus de lumière.



D'un autre côté, l'emploi des régulateurs est sujet à un grand inconvénient. Si le régulateur est tel, qu'il ne permette pas le passage de la quantité voulue de gaz, à la pression minima, les conditions du contrat ne sont plus remplies par les vendeurs. Avec des becs trop petits, le régulateur devient un obstacle que la faculté de pouvoir tourner la clef du robinet ne pourra jamais vaincre. Enfin, au moindre dérangement du régulateur, on n'a plus la dépense voulue. Mais ces inconvénients, qui ne peuvent être attribués qu'au mauvais état des appareils et non au principe, disparaissent par une surveillance active et intelligente.

Il est de l'intérêt des administrations locales, autant que des Compagnies, de connaître les pressions sous lesquelles brûle le gaz dans leur district. De là la nécessité de placer en différents points des manomètres écrivants. Les diagrammes doivent être tels que l'employé de la plus simple intelligence puisse y lire immédiatement l'état du régulateur et, au besoin, les changements à y faire. Ensuite on pourrait essayer tous les régulateurs avec leur brûleur, avant de les placer aux lanternes.

L'emploi des régulateurs exige que les robinets soient entièrement ouverts, et si l'on ne surveille pas l'exécution de cette condition, on s'expose inévitablement à ne plus obtenir la quantité voulue de gaz. Cette condition, loin d'être un défaut, est une des meilleures qualités du régulateur, et le public qui voit le robinet entièrement ouvert, ne se laisse plus aller à ces soupçons, à cette méfiance que lui inspirent toujours des robinets à moitié tournés.

L'emploi du compteur pour les lanternes publiques ne doit pas dispenser de celui du régulateur; car le régulateur ajoutera toujours à l'économie, à la régularité de la flamme et réparera les défauts d'appréciation inévitables de la part de l'allumeur.

INSTRUMENTS POUR ALLUMER ET ÉTEINDRE LES LAMPES PUBLIQUES SANS EMPLOYER D'ÉCHELLE.

Il y a longtemps que, pour allumer les bougies de lustres fort élevés, on emploie un bâton surmonté d'une mèche; pour un

lustre à gaz il suffisait d'ajouter au haut du bâton un petit talon propre à tourner la clef du robinet. Mais pour les lanternes des rues, une mèche ne suffisait plus; il fallait une lampe qui put rester allumée malgré le vent et la pluie. A Paris, depuis plusieurs années, on emploie un instrument qui diffère peu de celui que nous allons décrire et qui s'emploie à Manchester.

Figure 8, élévation de la lampe et de la tige.

Figure 9, élévation de la lanterne complète avec son enveloppe criblée de trous et de sa tige.

Figure 10, coupe de la lampe montrant la mèche et le réservoir d'huile.

Figure 11, élévation du chapeau par lequel on remplace la lampe pour éteindre les lanternes.

Figure 12, coupe de ce chapeau.

A, partie inférieure de la tige en sapin, longueur 1m; diamètre 0m,03;

B, partie supérieure de la tige en sapin; longueur 1m; diamètre 0m,025;

C, fermoir qui sert à rattacher les deux parties de la tige pour n'en former qu'une seule pièce;

D, lampe;

E, fermoir qui sert à attacher à l'extrémité de la tige, soit la lampe, soit le crochet pour manœuvrer le robinet;

F, réservoir à l'huile de la lampe;

G, mèche de la lampe;

H, enveloppe criblée de la lampe, destinée à la ventilation et à la sortie des gaz brûlés;

I, ressort pour attacher et fixer l'enveloppe;

K, dôme perforé de trous par lesquels le gaz vient s'enflammer au contact de la flamme de la mèche;

L, crochet pour ouvrir et fermer le dessus de la lanterne à gaz;

M, chapeau recevant le crochet destiné à tourner la clef du robinet quand on éteint les lanternes.

La manière de se servir de l'instrument mérite à peine une description. L'allumeur, ayant bien préparé la lampe, sort la tige à la main. Arrivé près d'une lanterne, il tourne la clef du

robinet de service en la poussant vers le haut au moyen du crochet L. Il relève ensuite le couvercle de la lanterne qui soulève une petite vitre à gonds qui se trouve au fond. Au même instant, le gaz qui s'échappe du brûleur pénètre par les trous du dôme de la lampe K et s'enflamme. La tige retirée, la petite vitre se referme par son propre poids, et, au besoin, la clef du robinet est ajustée par un petit coup du crochet L.

Le matin, l'allumeur sort avec la tige surmontée du chapeau M, dont le crochet L suffit pour éteindre les lanternes.

L'appareil est simple, convenable et ne coûte que quelques francs ; pour approprier la lanterne à gaz et y placer la vitre à gonds on demande moins d'un franc. Avec moins de fatigue, un allumeur peut se charger de 120 lampes au lieu de 100 et l'on n'a plus besoin d'un magasin d'échelles, car, pour le nettoyage des lanternes, une même échelle peut servir à plusieurs allumeurs.

V. Dwels.

(*The Artizan*, 1861.)

APPAREIL A CHAUFFER L'AIR

EN UTILISANT LES GAZ PERDUS DES HAUTS-FOURNEAUX,

PAR

W. BUSSIUS,

De Brunswick.

La grande quantité de combustible que nous perdons dans les fourneaux, sous forme de gaz qui se répandent dans l'atmosphère, justifie les recherches actives des ingénieurs pour utiliser de la manière la plus avantageuse les gaz qui se dégagent des hauts-fourneaux et des fours à coke. Si l'emploi de ces gaz perdus n'est pas encore plus généralisé, c'est que les appareils mal disposés, au lieu d'amener une économie de combustible, ont souvent déterminé une consommation plus forte qu'auparavant. Du reste, la question est loin d'avoir reçu partout une solution bien rationnelle et nous voyons souvent des prises de gaz, convenablement établies, combinées à des foyers mal disposés.

Pour toute espèce de foyer, il est nécessaire de diviser les gaz le plus possible et de les admettre dans un espace suffisant avec la quantité d'air nécessaire pour en déterminer la combustion complète. Il faut en outre, pour que la flamme soit bien vive, que le courant des gaz du fourneau ne soit pas ralenti dans le foyer, et le meilleur moyen d'y parvenir est d'employer des conduites d'une section très-large et des cheminées d'un diamètre et d'une hauteur bien proportionnées. Celles-ci doivent dépasser le haut-fourneau de la moitié, ou mieux encore de toute sa hauteur.

Les foyers doivent avoir des ouvertures suffisantes pour l'arrivée des gaz et disposées de manière à les répartir également. Enfin les canaux doivent être munis de registres pour régler au besoin l'admission des gaz.

L'appareil de M. W. Bussius, représenté planche 10 et servant à l'utilisation des gaz des hauts-fourneaux ou des fours à coke, nous paraît réaliser toutes ces conditions.

La figure 1 en donne une coupe verticale, la figure 2 une coupe longitudinale et les figures 3 et 4 des coupes horizontales, prises à différents niveaux. L'air froid amené par la conduite *a* entre d'abord dans la caisse en fonte *bb* qu'une paroi médiane sépare en deux. De l'autre côté de l'appareil se trouve une caisse analogue *d* non divisée et qui n'est pas, comme *b*, munie des ajutages x et x'. Toutes deux sont garnies, à leur partie supérieure, d'ajutages disposés suivant deux lignes et destinés à être réunis par des conduits en ∩ renversé. Du premier compartiment de la caisse *b*, le vent se rend dans la caisse *d* par les conduits *cc*, et de la caisse *d* il retourne dans le second compartiment de la caisse *b* au moyen du système de tuyaux *eee*, puis un tuyau coudé *f* l'amène dans une conduite horizontale *gg* qui traverse tout le four et qui conduit l'air échauffé aux tuyères par l'intermédiaire du tuyau de conduite *h*.

On n'a pas figuré sur le dessin les valves régulatrices du courant d'air qui doivent être disposées près des points de l'entrée et de la sortie, non plus que celle du canal *ii* qui vient se bifurquer sous l'appareil en deux bras pour répartir uniformément le gaz des fourneaux, au moyen des passages *k*, *k*, *k*, à l'orifice desquels une traverse aide encore à une dispersion plus grande.

Le canal *i* a été divisé en deux bras, afin de pouvoir régler dans chacun d'eux le courant du gaz au moyen de registres, et c'est là un point essentiel, vu que les ouvertures donneraient des flammes d'autant plus vives qu'elles seraient placées plus près de l'arrivée du gaz, et que cette marche irrégulière n'existera pas, si des registres permettent de régler l'arrivée de ces gaz.

Les canaux et ouvertures sont construits en briques réfrac-

taires, les autres parties de l'appareil peuvent être en maçonnerie ordinaire. Pour les appareils où la chaleur est vite absorbée par le système des tuyaux de conduite, il n'est pas nécessaire d'employer des matériaux de meilleure qualité, et dans celui de M. Bussius, les flammes, depuis leur formation jusqu'à leur extinction, sont en contact continuel avec les parties qui doivent être chauffées utilement, et ne communiquent pas leur chaleur aux masses des parois et des autres parties du four. L'espace entre les tuyaux a été calculé comme étant largement suffisant pour un bon développement de la flamme et pour faciliter les réparations. C'est aussi dans ce dernier but que l'on a placé les caisses *b* et *d* à la hauteur du sol, et lorsqu'il s'agit de remplacer un tuyau, il suffit de pratiquer une ouverture dans la paroi extérieure, pour retirer la pièce hors de service en la faisant passer par-dessus la conduite *g*.

On reproche aux tuyaux en Ω le défaut d'être sujets à des fuites; mais, en cherchant l'origine de ce défaut, M. Bussius a reconnu qu'il résulte de ce que, dans la construction de ces appareils, on fait généralement trop peu d'attention aux effets de dilatation. En conséquence, au lieu de fixer, comme dans les autres appareils, la conduite principale invariablement dans la maçonnerie, il a rendu les caisses *b* et *d* complètement indépendantes du massif en les faisant reposer sur des cylindres de fer, ce qui leur permet de suivre les petits mouvements que peuvent produire la dilatation ou le retrait.

Un appareil construit suivant ces données doit conserver ses joints bien hermétiques, si l'on conduit le travail avec soin et si l'on emploie pour lut un mastic composé de parties finement pulvérisées de sel ammoniac, de brique pilée et de limailles de fer, mélangées d'abord à sec, puis humectées et enfin additionnées d'un peu de soufre en fleur.

Du reste, la préférence donnée à la position verticale des tuyaux en Ω sur la position horizontale se justifie encore par la considération qu'on peut leur donner une épaisseur moindre, ce qui facilite beaucoup le chauffage de l'air et ce qui rend la construction bien moins dispendieuse. L'épaisseur qui a été

adoptée pour ces tuyaux ne dépasse pas 2 centimètres, tandis qu'on ne pourrait leur donner moins de 4 centimètres si on les plaçait horizontalement, et il ne faut pas oublier que, plus les parois des conduites sont épaisses, plus celles-ci se brûlent et se corrodent facilement.

Enfin, on remarquera que le four est muni de canaux *ll*, bouchés par une brique sèche, par lesquels on peut amener de l'air dans l'appareil et qui servent de soupape de sûreté en cas d'explosion.

Les gaz, après leur combustion, s'échappent par des carneaux ménagés dans la voûte et se réunissent dans un canal collecteur *m*, qui les conduit à la cheminée. Celle-ci doit être munie d'un clapet à son orifice pour régler convenablement le tirage.

(Extrait du *Berg-Hüttenmannische Zeitung*, n° 6, 1862.)

ARTS MÉCANIQUES.

EMPLOI DU MARTEAU-PILON

POUR LA

CONFECTION DES PETITES PIÈCES.

La confection des grosses pièces exige l'emploi de puissants marteaux-pilons dont l'introduction dans l'art du forgeron a donné les résultats les plus remarquables. Cette application n'est pas nouvelle ; mais la demande toujours croissante de fers forgés pour la construction des navires et les chemins de fer lui a fait faire d'immenses progrès. En adaptant ces marteaux à la confection des pièces d'un usage courant, on a réalisé de grands avantages sous le double rapport de la rapidité de confection et de la supériorité des produits.

Le marteau-pilon dont il est ici question et représenté pl. 11, fonctionne dans les ateliers de M. Richard Peacock, *Gaston foundry*, Manchester, et il paraît pouvoir être présenté comme type également applicable au travail des grosses et des petites pièces, comme de celles forgées au moule. Il ne marche qu'à la main et est à simple ou à double effet, à volonté, c'est à dire qu'il peut retomber par son propre poids seulement, ou que l'on peut renforcer le coup, en laissant agir la vapeur au-dessus du piston.

La figure 1 est une coupe verticale, la figure 2 une vue de côté, la figure 3 une coupe prise à travers le cylindre à volant et la chapelle et dessinée sur une plus grande échelle.

Le cylindre à vapeur A a un diamètre de 10 pouces ($0^m,254$) et est construit pour une course de 24 pouces ($0^m,61$). La chapelle est cylindrique, parfaitement alésée et reçoit une soupape de distribution B qui n'est qu'un bloc portant à ses deux extrémités un bourrelet bien calibré. Le bourrelet supérieur a deux moitiés bien distinctes, l'une plus haute que l'autre (voir figure 1 et figures 4 et 8); de sorte que si, au moyen du levier à manette C on fait faire un demi tour à la soupape, on peut amener devant la lumière soit la moitié la plus haute du bourrelet, soit la moitié la plus petite. Lorsque la soupape est dans la position marquée au plan figure 7, la vapeur est admise au-dessus du piston dans la descente (fig. 6), mais si on l'amène dans la position (fig. 3), le bourrelet additionnel ferme la lumière supérieure (fig. 10) et le mouton tombe par son propre poids. Les figures 4 à 6 montrent les positions supérieure, moyenne et inférieure de la soupape, lorsqu'on la tourne pour admettre la vapeur au-dessus du piston, dans la course de haut en bas. Les figures 8 à 10 montrent les mêmes positions lorsqu'on fait faire à la soupape un demi tour pour fermer la lumière supérieure. Quant au mouvement de va et vient de la soupape, il lui est communiqué, à la main, au moyen du levier à manette D (fig. 2). La soupape est creuse; son poids, celui de sa tige et celui du levier sont équilibrés au moyen du ressort E. Pour empêcher le piston de dépasser sa course dans le cylindre, on a fixé au bâti un levier d'échappement F (fig. 1) et au mouton un galet G qui vient frapper le levier. Le levier F est en communication avec la soupape; lorsqu'il est frappé par le galet G, il fait descendre la soupape et la vapeur s'échappe par le dessous du piston.

L'assemblage du piston à sa tige est, comme ordinairement, composé d'une douille conique et d'un écrou. L'assemblage de la tige du piston au mouton est une douille cylindrique (fig. 11 et 12); mais le diamètre du trou est plus grand de 1/4 de pouce que celui de la tige afin de laisser du jeu; ensuite deux clefs sur les côtés de la tige la fixent au mouton. Il est nécessaire de laisser un jeu, car la variété des pièces à forger est telle que l'on ne peut répondre des mouvements qui se

produiront; et ces mouvements s'exerçant par chocs on peut craindre que la tige ne se brise. Le poids du piston, de la tige et du mouton est de 1400 livres (635 kil.).

Cette description est extraite d'un rapport lu à l'une des dernières séances de l'Association des Ingénieurs mécaniciens de Birmingham. Aux observations présentées par le président et par d'autres membres, M. Peacock a répondu que trois marteaux de ce genre fonctionnaient dans ses ateliers, l'un depuis huit mois, et que, pour les dimensions figurées dans le dessin, leur prix, indépendamment de l'enclume, était de 175 livres (4,375 fr.). Montrant une soupape en grandeur d'exécution, il fit remarquer qu'elle était équilibrée au moyen d'un creux livrant passage à la vapeur, et qu'elle permettait, par la forme du bourrelet supérieur, de ne donner que de légers coups à la fin d'une opération.

Le principal mérite de ce marteau-pilon est son extrême simplicité. Délivré d'un jeu de fer pour mouvoir la soupape, il est entièrement soumis à la volonté de l'ouvrier, sans dépendre d'une marche régulière qui, quelquefois, est loin de convenir au travail. On voit par là qu'il est particulièrement utile pour des chaudes qui ne requièrent pas deux coups égaux.

On a laissé un coussin élastique pour faciliter l'ascension du marteau après le coup et pour le tenir en suspension au besoin. Comme économie de combustible, on peut ajouter au cylindre une chemise de vapeur, quoique ce soit une nouvelle dépense première. Cette addition était inutile dans les ateliers de M. Peacock, où le marteau était alimenté par de la vapeur qu'on laissait échapper quand le marteau chômait. Un enfant manœuvrait la soupape, sous les ordres du forgeron; avec un peu d'habitude, il opérait cette manœuvre avec une parfaite régularité, lorsque le piston devait exécuter sa course entière.

M. Peacock expliqua le moyen employé pour obtenir un assemblage durable de la tige au mouton. Le mouton en fer forgé est traversé de part en part par un trou calibré. Au fond on a inséré entre deux rondelles de fer un coussin de bois de chêne, ou de teak, ou de frêne. L'extrémité de la tige vient buter contre la rondelle supérieure. Pour ne pas déforcer la tige par

des trous de clavette, on a fait un bourrelet au-dessus et on a terminé la tige par une mastelle; c'est entre les deux rebords que passent les clavettes. Lorsque l'on monte le marteau, on met des clavettes provisoires que la marche serre bientôt fortement; on remplace ensuite celles-ci par de nouvelles plus fortes qui peuvent passer trois ou quatre mois, sans qu'il soit nécessaire de les vérifier. D'ailleurs, l'expérience a prouvé qu'après huit mois de service les clavettes étaient encore en fort bon état.

La manœuvre de ce marteau est plus facile à l'ouvrier que celle d'un marteau de Nasmyth de 15 cwt (762 kilog.) qui se trouve dans les mêmes ateliers. L'enfant préposé à cette manœuvre n'a besoin que de trois ou quatre jours d'apprentissage pour pouvoir obéir exactement au commandement du forgeron.

V. DWELS.

(The Mechanic's Magazine.)

CHAUDIÈRES ET MACHINES A VAPEUR.

1° *Chaudières marines avec appareil surchauffeur*, *par* MM. HORTON *et* KENDRICK, planche 7.

Le nouveau système de chaudières pour machines marines, pour lequel MM. Horton et Kendrick ont obtenu un brevet en Angleterre, paraît remplir les principales conditions que les mécaniciens, comme les armateurs et les commissaires de la marine, réclament depuis longtemps pour ce genre de générateurs de vapeur. D'une construction simple, d'une installation facile, ces chaudières peuvent fonctionner à haute pression avec sécurité, et elles offrent un accès convenable pour le nettoyage et les réparations.

Les perfectionnements introduits par ces constructeurs consistent essentiellement dans la combinaison d'une ou de plusieurs chaudières à foyer (1), avec une ou plusieurs chaudières tubulaires, verticales ou horizontales et dans lesquelles les tubes servent à la circulation, soit de l'eau, soit des produits de la combustion. La dernière chaudière tubulaire verticale est munie d'une boîte à fumée dans laquelle se trouve un appareil pour surchauffer la vapeur, avant son passage au réservoir où elle est prise pour le service des machines. La planche 7 donne en coupe horizontale, figure 1, et en coupe verticale, figure 2, une disposition de sept chaudières. Des quatre chaudières à foyer A A, A_1 A_2, les deux premières ont les produits de la combustion qui circulent autour et le long des tubes verticaux a, a de la chaudière B, et les deux dernières autour du tube a_1 a_1 de la chaudière B_1. De B et B_1, les produits de la combustion remontent par les tubes verticaux a_2 dans la chaudière C, puis ils traversent l'appareil surchauffeur E commun à toutes les chaudières.

---

(1) Les inventeurs appellent *chaudières à foyer* celles dans lesquelles le feu est appliqué directement à l'échauffement de l'eau.

La vapeur surchauffée se rend de E dans le réservoir H, où elle est prise pour le service des machines. Si l'on veut isoler ou démonter l'une des chaudières A A, A_1 A_2, il suffit de fermer, au moyen d'une plaque vissée, le passage des produits de la combustion ainsi que les tuyaux servant à l'entrée de l'eau et à la sortie de la vapeur.

Les fig. 3 et 4 donnent en coupes transversale et longitudinale une autre disposition dans laquelle deux séries de chaudières horizontales sont adossées à une boîte à fumée commune. Dans cette boîte est un générateur particulier que les inventeurs appellent *générateur à haute pression de la boîte à fumée.* Il se compose de deux cylindres C_1, C_2, réunis à leurs extrémités par deux tubes coudés et communiquant entre eux par des tubes verticaux placés sur toute leur longueur. La vapeur générée dans cet appareil est conduite à l'un des surchauffeurs D, D, qui surmontent les chaudières tubulaires B, B. — On voit que chaque série de chaudières réunies a son surchauffeur placé immédiatement au-dessus. La vapeur surchauffée passe dans le réservoir commun E. Les produits de la combustion, en quittant les chaudières à foyer, circulent dans la boîte à fumée, entre les tubes *a a* du générateur C, pour passer ensuite par les tubes des chaudières B et le long des parois, dans les intervalles qui séparent les chaudières B des chaudières A. Arrivés dans les boîtes antérieures J, ils se rendent aux surchauffeurs qu'ils traversent pour venir envelopper le réservoir de vapeur. Les portes F F, ménagées dans les boîtes J, donnent accès aux chaudières pour les nettoyer ou les réparer.

La fig. 5 est une coupe verticale d'un seul rang de chaudières disposées de la même manière que les deux rangs du système précédent. Les tubes *a a*, qui réunissent les deux cylindres du générateur à haute pression de la boîte à fumée, sont courbés en arc et, derrière la paroi de cette boîte, est un fort revêtement en argile ou en briques réfractaires. — La chambre de prise de vapeur E est placée au-dessus du générateur C, devant le courant des produits de la combustion qui traversent le surchauffeur.

Toutes les chaudières et les foyers sont cylindriques, et,

comme on le voit fig. 6, 7 et 8, leur disposition peut être modifiée de manière à satisfaire à toutes les conditions de l'emplacement qui leur est destiné dans les bateaux. — Les inventeurs préfèrent ne donner aux chaudières et aux foyers qu'un diamètre de 1m,5 à 2m,15 sur autant de largeur ; mais il n'y a rien de rigoureusement arrêté dans ces dimensions. On voit que partout la forme cylindrique est maintenue, ce qui permet de générer la vapeur à une haute pression, sans aucun danger d'explosion.

La boîte à fumée ordinaire est remplacée par un générateur d'une forme nouvelle, composée, ainsi que nous l'avons dit, de deux cylindres horizontaux, supérieur et inférieur, réunis par deux tubes coudés, rivés à leurs extrémités, et communiquant en outre entre eux par une série de tubes verticaux. Le cylindre inférieur sert d'autel aux chaudières à foyer et la génération active de vapeur qui s'y fait favorise la circulation de l'eau.

Nous mentionnerons encore la simplicité de l'appareil surchauffeur et la bonne distribution des surfaces de chauffe. Par cette égale distribution de la chaleur, on évite la rapide détérioration des plaques dans lesquelles les tubes sont insérés et des boîtes à fumée, et l'on obtient tous les avantages des appareils tubulaires, sans devoir recourir à l'emploi de nombreux étais. On sait que dans les chaudières ordinaires, qui doivent fournir de la vapeur à 1k 4 de pression par cent. carré, le grand nombre des étais rendent le nettoyage et les réparations très-difficiles, et qu'il en résulte de nombreuses détériorations, sans compter l'augmentation considérable du poids mort dont on charge le navire.

2° *Chaudière de* Burch, planche 12.

M. J. Burch de Crag, près Macclesfield, ingénieur, a obtenu une patente « pour des perfectionnements aux chaudières à vapeur et autres, » spécialement applicables aux chaudières verticales. Le but qu'il s'est proposé est d'obtenir dans un petit espace une grande surface de chauffe, en conservant toutes les conditions de résistance et de sécurité. Il y parvient de diffé-

rentes manières qui toutes partent de la même disposition dans laquelle, au centre d'une chaudière verticale et cylindrique, on monte un foyer également vertical et cylindrique, entouré d'un carneau qui lui est concentrique. On peut laisser ou non un espace d'eau en dessous des barreaux de la grille; puis le carneau, qui s'étend circulairement entre le foyer et l'enveloppe métallique de la chaudière en laissant de part et d'autre un espace pour l'eau, peut être composé d'un seul tube aplati ou de plusieurs tubes circulaires superposés. Quels qu'ils soient, ces carneaux communiquent avec le foyer par le côté diamétralement opposé à la porte, et avec la cheminée par une ouverture pratiquée à l'enveloppe de la chaudière du côté même de la porte du foyer. Entre le foyer et le carneau annulaire, l'espace d'eau doit être de deux ou trois pouces; les carneaux eux-mêmes, pour de petites chaudières, doivent être de trois ou quatre pouces. Ces dimensions peuvent être réduites lorsqu'on emploie des tubes au lieu d'un carneau aplati. La hauteur du carneau, ou le nombre des tubes, dépend de la hauteur du corps cylindrique du foyer. La couverture supérieure de la chaudière a la forme de la pointe d'un œuf, et lorsqu'on place une chambre d'eau sous la grille on donne au fond la forme d'une calotte sphérique. D'après l'inventeur, les foyers de ces chaudières ne peuvent pas avoir un trop grand diamètre.

Pour augmenter le pouvoir vaporisant, l'inventeur construit des chaudières à plusieurs foyers superposés, indépendants l'un de l'autre, et il laisse entre deux foyers successifs une chambre d'eau. Dans cette disposition, les portes des foyers sont également indépendantes l'une de l'autre et n'ont d'autre liaison que par l'enveloppe métallique du corps de la chaudière. Au lieu de placer les portes verticalement l'une au-dessus de l'autre, on les disposera de façon à ce que l'on puisse y parvenir au moyen d'un escalier serpentant autour de la chaudière. Il n'y a qu'une seule chambre de vapeur sous le dôme.

Les fig. 1 et 2, pl. 12, représentent la coupe verticale et la coupe horizontale d'une chaudière à un seul foyer; *a*, foyer, *c*, carneau annulaire aplati séparé du foyer par l'espace *d* rempli d'eau : la flamme et les gaz partant du foyer suivent la

direction indiquée par les flèches; c', orifice d'évacuation des gaz ; *g*, espace d'eau extérieur ; *h*, chambre de vapeur ; a', porte du foyer. Ces chaudières sont très-convenables pour des bateaux construits entièrement en bois et où les cendriers seraient dangereux.

La fig. 3 est une coupe verticale d'une chaudière à carneaux multitubulaires *k*, dans laquelle il n'y a pas d'espace d'eau sous la grille.

La fig. 4 est une coupe verticale d'une chaudière à foyers superposés et à carneaux plats que l'on pourrait remplacer par des carneaux multitubulaires, à chaque foyer ou à quelques-uns seulement. Il y a dans la figure trois foyers superposés.

3° *Chaudière de* Matheson, planche 12.

M. Matheson de Lahore-Terrace, Croydon, a pris une patente pour un nouveau système de chaudière tubulaire, composée de deux ou plusieurs hélices de tubes concentriques dont l'intérieur forme le carneau. Au-dessus est un réservoir d'eau et de vapeur, qui laisse couler l'eau dans les tubes par le dessous, tandis que ceux-ci lui renvoient de la vapeur par le dessus. Le foyer se trouve hors des hélices de tubes ou dans l'espace cylindrique qu'ils entourent. Le réservoir d'eau et de vapeur reçoit son eau d'une pompe foulante. Comme l'évaporation est très rapide, la vapeur se dessèche avant de se rendre au réservoir. La figure 1, pl. 12, explique mieux l'appareil que ne le pourrait faire aucune description. Dans cette figure on a supposé que l'axe des hélices est horizontal ; on peut le faire vertical.

b, *b*, hélices de tubes encaissées dans la maçonnerie. L'extrémité inférieure de ces hélices plonge dans la bâche *c* alimentée d'eau par le réservoir *d* au moyen du tuyau *n*. Le foyer *e* est placé en dehors des hélices et l'espace central *g* forme carneau ou chambre de combustion pour les gaz. On peut placer le foyer dans l'espace *g* même. En *i*, à l'extrémité des hélices, est une boîte tubulaire portant des rainures où glisse le registre *j* destiné à régulariser le tirage. L'extrémité supérieure des hélices communique par le tuyau *b* avec le réservoir

ou chambre d'eau et de vapeur. Le tuyau se prolonge très-haut dans le réservoir afin d'éviter que l'eau y pénètre, ce qui empêcherait la circulation dans les hélices.

4° *Chaudière à vapeur surchauffée de* M. Ridley, planche 12.

M. John Ridley de Stagshaw, Northumberland, surchauffe la vapeur en la faisant passer par un tuyau en hélice dans le combustible même du foyer. La chaudière A ne présente aucune particularité remarquable. La vapeur formée dans la chaudière passe par le tuyau C et se rend par la soupape D dans les serpentins E et F. La soupape D est réglée de manière que lorsqu'il y a un léger excès de pression de la vapeur dans le surchauffeur, elle se ferme; en outre, lorsque la vapeur est suffisamment surchauffée, il passe une petite quantité d'eau avec la vapeur. La boîte à soupape D, comme on le voit en plan fig. 2, contient deux soupapes *a* et *b*, l'une pour l'admission de la vapeur, l'autre pour l'admission de l'eau par les tuyaux D′D′. Les soupapes reçoivent leur mouvement d'excentriques à came *o*, *o*, *o*, *o*, fig. 4, que l'on peut manœuvrer à la main au moyen d'une manivelle; cette manivelle est nécessaire pour admettre de l'eau dans les serpentins, lorsqu'il n'y passe pas de vapeur. Au sortir des serpentins, la vapeur passe par une nouvelle soupape modératrice G, avant de se rendre à la machine. Cette soupape est représentée figures 3 et 4. Le foyer est circulaire, ainsi que les barreaux de grille I. Il se charge par le dessus, par le tuyau H. On peut attiser le feu au moyen du ringard à fourche K. Pour obliger les morceaux de combustible d'entourer les serpentins, on a placé des anneaux coniques M à la partie supérieure et N à la partie inférieure du foyer. Le combustible est obligé de glisser entre les spires des serpentins, après avoir rejailli sur ces cones. Des tubes P conduisent la fumée à travers la chaudière vers la cheminée R.

5° *Appareil de* M. Newall *pour chauffer l'eau d'alimentation*, planche 13.

L'eau d'alimentation et la vapeur de décharge arrivent dans une même chambre de capacité variable par sa disposition à

joint télescopique. Des surfaces, métalliques ou non, servent d'intermédiaire à la chaleur pour passer de la vapeur à l'eau qui les baigne dans son mouvement. Ces surfaces reçoivent le calorique latent de la vapeur qui s'y condense et le transmettent à l'eau d'alimentation.

L'appareil, représenté fig. 1 en coupe verticale et dont la fig. 2 est une vue de côté, se compose d'un cylindre métallique A qui reçoit par le tuyau *a* la vapeur de décharge de la machine. Dans ce cylindre se trouve une cloison en tôle mince perforée de nombreux petits trous qui supportent une série de petites hélices de fer, représentées dans la figure par des traits pointillés. Ces hélices sont maintenues verticales par de petits cylindres à mince paroi. Le cylindre A est recouvert d'une tôle perforée sur laquelle l'eau d'alimentation, refoulée dans le tuyau central *d*, vient s'étaler et se tamiser avant de se répandre sur les hélices et de venir en contact avec la vapeur. Il y a en outre un second tuyau central qui surmonte le couvercle du cylindre A et se termine au-dessus à un robinet. Le cylindre A est recouvert par un autre cylindre *b* qui l'emboîte et glisse à frottement contre sa paroi extérieure. Ce cylindre est équilibré par des contre-poids, afin de rendre son mouvement aussi facile que possible. A la calotte conique du second cylindre *b* se trouve fixée une petite tige verticale portant deux taquets destinés à ouvrir ou fermer le robinet du tuyau supérieur, lorsque le cylindre *b* monte et descend. Cette ascension et cette descente ont lieu par suite de la pression de la vapeur dans l'appareil. Pour éviter les chocs de la cloche supérieure contre le robinet, on a interposé un ressort à boudin qui, bien disposé, pourrait en même temps servir à équilibrer la cloche ; dans ce dernier cas, l'usage des deux contre-poids deviendrait inutile. Au fond du cylindre A se trouve un tuyau *c* qui établit la communication avec la pompe alimentaire de la chaudière.

On comprend facilement le jeu de l'appareil : la vapeur de décharge arrive par le tuyau *a* dans l'intérieur du cylindre ; elle comprime jusqu'à un certain point l'air qui y était contenu et soulève ainsi la cloche supérieure *b*. La petite tige à taquets ouvre le robinet du tuyau supérieur et l'air s'échappe libre-

ment. Alors la vapeur vient remplir le cylindre et échauffer les surfaces d'absorption ; puis afflue l'eau qui leur emprunte cette chaleur avant de s'écouler par le tuyau *c* vers la pompe d'alimentation.

La figure 3 représente encore un appareil semblable, mais plus particulièrement approprié au cas où la vapeur conserve encore une certaine pression. Ici il y a un troisième cylindre *e* placé en dessous du cylindre A et muni d'un piston qui pousse une traverse. Au moyen de deux tiges latérales la traverse est liée à la cloche supérieure, de façon à ce que la cloche et le piston soient obligés de se mouvoir ensemble. Lorsque, par suite de la pression de la vapeur, la cloche se soulève, elle entraîne le piston qui comprime l'air dans le cylindre *e* qui fait les fonctions de ressort. Ce cylindre est en communication par un tuyau avec une cloche *f* munie d'un robinet et d'une soupape de sûreté. L'objet de cette cloche est de régler à volonté la pression de l'air dans le cylindre *e*.

La marche de ce second appareil est absolument semblable à celle du premier que nous avons décrite.

6° *Appareil de* MM. Davies *et* Allen *pour prévenir les explosions de chaudières*, planche 13.

L'appareil a pour but d'éteindre le feu lorsque la pression de la vapeur dépasse la limite voulue, ou bien lorsque l'eau est descendue en dessous du niveau inférieur. Soit (fig. 1) une chaudière à foyer intérieur vue en coupe transversale. MM. Davies et Allen placent une soupape de sûreté à double siége *e* sur le corps cylindrique. Les siéges sont enfermés dans une boîte qui se termine en dessous par un tuyau *g*, qui est ouvert et fixé à l'enveloppe du foyer. Ce tuyau est lâche, afin de pouvoir se dilater et se contracter facilement. La soupape (fig. 2) est équilibrée comme d'ordinaire au moyen d'un levier à contre-poids, mais lorsque la pression de la vapeur a vaincu l'effort de ce contre-poids, non seulement la vapeur peut s'échapper par l'orifice supérieur de la soupape, mais, pénétrant par les lumières *d*, elle se rend aussi dans le tuyau *g* et par suite dans le foyer pour éteindre le feu. La vapeur ne cessera de s'échapper ainsi

que quand la pression aura baissé suffisamment pour qu'il n'y ait plus aucun danger à craindre. Enfin, les inventeurs ont appliqué au tuyau *g* des rondelles fusibles à la hauteur minima du niveau de l'eau. Lorsque l'eau descend plus bas que le niveau, les rondelles se fondent et l'eau et la vapeur se précipitent ensemble sur le feu pour l'éteindre.

On le voit, cet appareil met le propriétaire de machines à l'abri des conséquences que pourrait entraîner la négligence du chauffeur, et, en outre, c'est une source de grande économie, si l'on peut appeler économie ce qui n'est que l'impossibilité de faire une perte.

On pourrait imaginer bien d'autres dispositions de l'appareil, mais le principe resterait le même, et c'est au principe entier que les inventeurs rattachent leur patente.

7° *Coulisse* d'Alexandre Allan, planche 13.

M. Allan s'est proposé de remplacer la coulisse courbe de Stephenson par une coulisse rectiligne beaucoup plus facile à construire et à réparer. Dans la coulisse de Stephenson, pour renverser le mouvement, ou bien on fait mouvoir le coulisseau et la coulisse est fixe, ou bien on fait mouvoir la coulisse et le coulisseau est fixe. C'est la fixité de l'une des deux pièces qui oblige de donner la forme courbe à la coulisse. M. Allan a donc rendu mobiles l'une et l'autre pièces en combinant les mouvements de façon à avoir une coulisse droite. Pour cela, il coude de part et d'autre le levier C du renversement de mouvement. L'un des bras de ce levier coudé est plus petit que l'autre ; c'est celui qui relie la coulisse au levier par la tringle D; l'autre, plus grand, relie la bielle F du tiroir au levier par la tringle E. Par là, les efforts sont plus convenablement répartis que dans la coulisse de Stephenson, et, en outre, l'écartement maximum et du coulisseau et de la coulisse est de beaucoup diminué. L'appareil nouveau, occupant moins de place, est fort avantageux pour les locomotives. Les tiges des tiroirs n'ont besoin d'autre guide que les boîtes à bourrage.

Toutes les figures sont à l'échelle d'un 1/24. Les figures 3, 4, 5 et 6 représentent d'autres dispositions du même système.

On a appliqué cet appareil, dans ces quatre dernières années, à des machines fixes et à des machines marines, ainsi qu'à plus de 200 locomotives, et on n'a jamais eu qu'à s'en louer; la plupart des constructeurs anglais lui donnent la préférence.

8° *Machine d'Humphry à deux cylindres.*

La machine de M. Humphry, ingénieur à Deptford, est une machine de Woolf adaptée à l'attaque des propulseurs hélicoïdaux. Les deux cylindres sont à la suite l'un de l'autre sur un même axe horizontal entre l'arbre et la paroi du navire, le plus grand étant le plus rapproché de l'arbre. Leurs pistons sont assemblés à une même tige E; ensuite le grand piston C a deux tiges F, F, qui viennent se réunir à une traverse commune G. Cette traverse se termine par un sabot ou glissière H qui porte le pivot de la bielle. Celle-ci attaque directement le bouton de l'arbre coudé.

9° *Machine à vapeur perfectionnée de* MM. A. Williamson, Ph. D. *et* L. Perkins, planche 14.

Le but des constructeurs est de vulgariser le système si économique des hautes pressions et des grandes détentes. La machine de 60 chevaux qui fonctionne dans leurs ateliers marche à 550 livres de pression par pouce carré. Cette pression, exagérée peut-être, tend à démontrer expérimentalement que l'on peut en toute sécurité employer des chaudières et des machines capables de marcher aux pressions plus pratiques de 140 à 160 livres, et que l'on réalisera la notable économie de ne plus brûler que 1 ou 1 1/4 livre de charbon par heure et par cheval. La machine est à condensation par surface; c'est afin de n'alimenter la chaudière qu'avec de l'eau distillée, l'eau chargée de sels étant très-préjudiciable aux chaudières à haute pression.

La chaudière se compose de plusieurs rangées superposées de tubes A, en fer étiré, fermés à leurs extrémités et communiquant entre eux par de petits tubes verticaux B. Ces tubes A sont remplis d'eau; ils doivent être horizontaux ou fort peu inclinés vers le foyer, et communiquer, chacun avec son correspondant de la couche supérieure, au moyen de deux petits tubes verticaux;

ces deux conditions sont essentielles pour permettre au courant d'eau de s'établir. La chaudière représentée planche 14 contient cinq rangées étagées de gros tubes de 2 1/4 pouces de diamètre intérieur et de 3 pouces de diamètre extérieur; les petits tubes verticaux ont un diamètre intérieur de 7/8 de pouce et un diamètre extérieur de 1,3/8 pouce. Le niveau ordinaire de l'eau est à la hauteur de la rangée moyenne. On remarque qu'il ne s'y produit pas de bouillonnement à cause de l'état de division de la chambre d'eau. Probablement il se produit une circulation de l'eau qui s'élève avec les bulles de vapeur par le tube vertical à une extrémité et descend par celui qui est à l'autre extrémité. Les gaz du foyer passent et repassent entre les rangées de tube, comme le montrent les flèches de la figure 2, et leur transmettent leur chaleur. Chaque rangée de tube en contient de cinq à huit. Les différents étages communiquent tous par le bas avec un tube transversal commun C, de manière que l'eau prend partout le même niveau. Au-dessus, il y a aussi un tube transversal D en communication avec chacun des étages. C'est là que se fait la prise de vapeur. Les tubes ont été éprouvés à la pression hydraulique de 3,000 livres par pouce carré.

La surface de la grille est d'environ 12 pieds carrés ; mais le vide de la grille ne correspond qu'à une surface de 6 pieds carrés de grille ordinaire. C'est afin d'avoir un feu bien étendu, mais dormant. La surface de chauffe totale est de 882 pieds carrés. La capacité de la chaudière est de 40 pieds cubes répartis par moitié entre la chambre d'eau et la chambre de vapeur. Toutes les parties de la chaudière sont solidement maintenues par des tirants de fer. Le tout est emboîté dans une caisse en tôle à paroi quadruple, composée de quatre épaisseurs de tôle mince, maintenues à 3/4 de pouce de distance par des viroles de fer. Cette caisse est surtout destinée aux machines marines.

Au sortir de la chaudière, les gaz se rendent dans une chemise E qui enveloppe les trois cylindres de la machine ; là ils sont encore à une température d'environ 400° à 500° F. ; puis ils se rendent dans un carneau vertical où se trouve un tube en hélice

contenant l'eau d'alimentation. Ce tube, de 7/8 de pouce de diamètre, est alimenté par une pompe foulante et présente aux gaz une surface de chauffe de 200 pieds carrés. Enfin, les gaz sont reçus dans le tuyau d'appel de 24 pouces de diamètre et de 40 pieds de hauteur; leur température à la sortie ne s'élève pas à plus de 100° F. Le tirage est cependant encore suffisant pour vaporiser 8 1/2 pieds cubes d'eau par heure, sans ventilateur. Mais il est bon d'opérer un tirage artificiel au moyen d'un ventilateur, car alors la vaporisation se maintient à 15 pieds cubes par heure. On a mesuré, à l'aide d'un compteur, le pouvoir vaporisant de la chaudière; en 5 heures, 390 livres d'anthracite ont vaporisé 420 gallons d'eau, ce qui correspond à 10 3/4 livres de vapeur par livre de charbon. Sans aucun doute, une plus grande chaudière, avec une surface rayonnante comparativement moindre, donnerait des résultats encore supérieurs.

On connaît les avantages des chaudières tubulaires comparées aux chaudières ordinaires; ils se résument dans les conditions suivantes : résistance plus grande, utilisation plus complète de la chaleur du foyer, réparations plus faciles, et, en cas de rupture de l'un des tubes, dangers considérablement moindres de l'explosion.

Les chaudières tubulaires ont encore l'avantage de se réparer à moindres frais et avec beaucoup plus de facilité que les autres; les réparations se font sur place, quand on a une réserve de tuyaux. Enfin la disposition même de la chaudière, qui réduit de moitié l'espace qu'elle occuperait autrement, permet en même temps d'agrandir les proportions de la grille et des carneaux.

La machine représentée fig. 3 et 4 est de 60 chevaux, et marche à la pression de 500 livres par pouce carré. Elle se compose de trois cylindres à simple effet de 12 pouces de course, et les tiges des pistons sont reliés à une même tête portant à chaque extrémité une bielle attaquant l'arbre coudé K. La machine marche donc comme s'il n'y avait qu'un seul cylindre. La vapeur passe par les trois cylindres successivement, et sa marche est réglée de manière à ce que la course ascendante s'effectue par la somme des actions du premier piston F et du

troisième H, et la course descendante par la seule action du piston du milieu G. Lorsqu'un piston ne travaille pas, les pressions sur ces faces sont équilibrées.

La figure 6 est une coupe verticale des trois cylindres, dessinée sur une plus grande échelle et montrant la position des soupapes dans la course ascendante.

La vapeur, qui a travaillé à détente au-dessus du piston du cylindre F de 6 pouces de diamètre, se rend, par le passage que la soupape M ouvre en se levant de son siége, sous le piston du cylindre G, qui a 15 pouces de diamètre, et sous celui du cylindre F. Donc, dans la course ascendante, due au travail du deuxième piston, le piston de F est équilibré, et la vapeur se détend encore dans G dont la section est six fois celle de F.

A la fin de cette course la soupape M se ferme en laissant libre la communication entre le bas des deux premiers cylindres, et de la nouvelle vapeur arrive par L au-dessus du piston de F.

En même temps la soupape N se lève et la communication est établie entre les deux côtés du piston de G, qui est équilibré, et la face supérieure du piston du deuxième cylindre H, qui descend. En conséquence, dans la course descendante, nous avons la même pression sur la face supérieure du piston du troisième cylindre, sur les deux faces du piston du second cylindre, et sur la face inférieure du piston du premier. Le fond du troisième cylindre est constamment en communication avec le condenseur, et son diamètre étant le même que celui du second, la vapeur, à la fin de la course descendante, a subi une détente d'environ douze fois son volume dans le premier cylindre. A ce moment, la soupape O s'ouvre et permet à la vapeur qui a travaillé dans le troisième cylindre, ainsi qu'à celle qui est demeurée au-dessus du piston de G, de passer au condenseur P, représenté figures 3 et 5. La soupape N tombe et ferme le passage entre le fond du second cylindre et le haut du premier.

On voit donc, dans cet ensemble qui marche avec une grande simplicité, que pour la course ascendante, le premier et le troisième pistons sont équilibrés, le second piston n'ayant que la contre-pression du condenseur; tandis que, pour la course

descendante, le second piston est équilibré, et la contre-pression du premier est égale à la pression que la vapeur exerce sur la face supérieure du troisième.

Si, à la fin de la course descendante, la vapeur s'est détendue à 4 fois son volume primitif dans le premier cylindre, elle occupera, à la fin de la course ascendante dans le second cylindre, un volume au moins 7 fois plus grand et sa détente sera de 28 fois son volume à la chaudière. Une telle détente refroidit considérablement l'intérieur du premier cylindre et du second qui est encore exposé au refroidissement dû à la détente dans le troisième cylindre, laquelle est de 48 fois le volume primitif. En outre, dans les deux derniers cylindres l'eau condensée contre les parois s'évapore à une très-basse température, ce qui est une nouvelle cause de refroidissement. On s'est assuré qu'il y avait condensation en plaçant un robinet au point le plus bas du conduit qui établit la communication entre le dessous du second piston et le dessus du troisième. En outre, le calcul, au moyen d'un indicateur, de la quantité de vapeur dans chaque cylindre, a donné, 6 3/4 pieds dans le premier, 9 1/2 dans le second, 14 dans le troisième, ce qui prouve que la vapeur se condense au commencement de la course du premier et du second cylindre et s'évapore ensuite dans le troisième. Le premier et le second cylindre ensemble condensent environ la moitié de la vapeur; probablement cette proportion n'est pas plus forte que dans beaucoup de machines ordinaires marchant à condensation et à une détente bien inférieure. Malgré cette perte, d'ailleurs, et en raison de la haute pression initiale, la dépense de combustible n'excède pas 1 1/2 livre de charbon par cheval et par heure.

La machine marche à grande vitesse, afin de ne laisser que peu de temps à l'évaporation pour se produire entre les coups de piston. La marche est si parfaite qu'on ne peut donner de meilleure preuve de l'excellence du système des grandes détentes s'effectuant, à partir d'une haute pression, dans des cylindres communiquant successivement entre eux.

Pour préserver le bourrage de la tige de la soupape à vapeur L du premier cylindre, on a fixé au-dessus de la chapelle

une tubulure en fonte de 18 pouces de longueur dans laquelle tourne à frottement un petit axe à came qui soulève la soupape. Ce n'est qu'au bout de cette tubulure, où la vapeur ne peut pénétrer et qui reste froide, que l'on a placé la boîte à bourrage. Cette disposition a parfaitement réussi.

10° *Chaudière à vapeur à haute pression de* Benson, planche 15.

Dans un mémoire lu à l'Association des ingénieurs-mécaniciens de Birmingham, M. J. J. Russell donne les détails suivants sur une chaudière à vapeur à haute pression, inventée par M. Martin Benson, de Cincinnati, E.-U.

Une chaudière de ce système, montée à l'usine de l'auteur, ayant fonctionné avec un succès complet pendant dix mois, pour faire marcher une machine de soixante chevaux, il en a placé une seconde plus grande et dans laquelle il a introduit quelques modifications de détail indiquées par l'expérience.

Cette nouvelle chaudière est représentée (planche 15) en élévation, fig. 1, en coupe longitudinale, fig. 2, et en coupe transversale, fig. 3. Elle se compose d'une série de rangées de tubes horizontaux disposés au-dessus du foyer et auxquels deux trous d'hommes B B donnent accès. C est le réservoir d'eau et de vapeur et D la pompe foulante alimentaire qui fait marcher le petit cheval E placé au-dessus.

L'eau et la vapeur qui se forme dans les tubes passent par le tuyau principal G pour retourner au réservoir C par la partie supérieure. Les rangées de tubes communiquent toutes, par le tube inférieur, avec le tuyau commun F amenant l'eau de la pompe, et par le tube supérieur, avec le tuyau commun G qui mène au réservoir. La pompe alimentaire D, représentée sur une plus grande échelle, fig. 8, est à simple effet, avec un piston métallique et un simple tiroir H au lieu de soupapes, ce qui en assure le jeu. Le tiroir n'a ni avance ni recouvrement et, par suite, sa marche est exactement proportionnée à celle du piston. Le tuyau d'admission I contourne le cylindre et l'eau se rend par les lumières dans les conduits, après avoir passé par la coquille du tiroir. C'est l'inverse de ce qui a lieu dans les machines à vapeur. L'eau est refoulée par le tuyau K de la chapelle.

L'eau et la vapeur mélangées dans les tubes se séparent à leur arrivée dans le réservoir C et par conséquent la pompe qui s'alimente par le dessous du réservoir n'aspire que de l'eau. Pour la mise en train, on commence par remplir la chaudière d'eau à la hauteur du cinquième ou sixième tube, comme l'indique la ligne pointillée des figures 1 à 3. La pompe n'ayant pas encore de vapeur pour marcher, la pression de l'eau soulève le piston et l'eau prend le même niveau dans les tubes et dans le réservoir. On allume alors le feu et l'on a bientôt assez de vapeur formée dans les tubes pour faire fonctionner le petit cheval.

Il passe plus d'eau dans les tubes qu'ils ne peuvent en vaporiser. La pompe alimentaire de la première chaudière est à double effet ; elle a un diamètre de six pouces et une course de neuf, et fait quarante révolutions par minute contre une résistance de sept à dix livres par pouce carré (1/2 à 2/3 d'atmosphère). Le travail dépensé par sa marche, y compris la résistance du frottement, est d'environ un demi cheval. Avec cette vitesse, elle fait passer dans les tubes neuf à onze fois plus d'eau qu'il ne s'en vaporise : on a reconnu que cette différence dépasse la limite à laquelle la chaudière fournit le maximum de vapeur, et qu'elle peut être réduite à huit à neuf fois. Mais, en raison de la construction du petit cheval, la pompe, ne pouvant marcher à une vitesse moindre que quarante révolutions, serait suffisante pour une chaudière de 100 chevaux au lieu de soixante, et même de 150 chevaux pour une machine à haute pression, à vapeur surchauffée et à grande détente. Dans ce dernier cas, son travail ne serait plus que la trois-centième partie du travail total de la machine, et avec les coudes circulaires que l'on a placés aux tubes il est à croire que ce travail pourrait encore être réduit. Il ne faut pas plus de travail pour faire marcher la pompe dans une machine fonctionnant à une pression de 80 à 100 livres, que pour une pression de 20 livres, vu que le piston est parfaitement équilibré, et que la seule résistance qu'il a à vaincre est celle du frottement dont le travail ne varie qu'avec la vitesse. On avait d'abord donné au tuyau G, dans lequel l'eau vient se décharger avec la vapeur,

un diamètre intérieur de cinq pouces ; on l'a depuis trouvé trop petit et, dans la nouvelle chaudière, on l'a porté à dix pouces. L'alimentation du réservoir C se fait au moyen d'un injecteur Giffard L, fig. 1.

On supposait d'abord que la circulation de l'eau, avec une vitesse correspondante au passage de neuf à onze fois autant d'eau qu'il ne s'en vaporise, suffirait pour entretenir les tubes dans un état de parfaite propreté et pour empêcher toute incrustation de se former. Ce résultat a été atteint en grande partie, et la circulation de l'eau entraîne dans le réservoir toutes les matières qui pourraient se déposer. Cependant, il se forme dans les tubes une légère couche d'incrustations dont l'épaisseur va en diminuant de bas en haut, à mesure que les tubes s'éloignent du foyer. Mais la plus forte épaisseur est encore insignifiante et surtout incapable pratiquement de donner lieu à des explosions. En effet, il suffit du jeu de la contraction et de la dilatation des tubes, sous les variations de température du foyer, pour fendiller et détacher ces incrustations que la circulation de l'eau entraîne ensuite dans le réservoir C. En outre, de temps à autre, on complète cette action en enlevant l'eau des tubes, qu'on surchauffe légèrement, puis qu'on fait traverser par un fort courant. Au fond de ce réservoir se trouve un robinet purgeur que l'on ouvre deux ou trois fois par jour. Ce robinet ne fournit une veine d'eau bien formée qu'après avoir été ouvert pendant environ un quart de minute, jusque-là on ne voit qu'un mélange boueux d'écailles contournées que l'on reconnaît, par leur forme, provenir des tubes.

Dans la première chaudière les coudes étaient boulonnés directement aux tubes, et, lorsque l'on voulait réparer un tube ou le remplacer, on devait enlever toute une série verticale, inconvénient très-grand si l'on réfléchit à la difficulté de desserrer des boulons que le feu a rouillés. Aujourd'hui, on emploie une nouvelle forme de coudes qui permet d'enlever aisément n'importe quel tube sans toucher aux autres. Les figures 4, 5 et 7 donnent la disposition de ces coudes. Les tubes se terminent, comme on le voit, par des bourrelets qui viennent s'emboîter dans les coudes et le joint est serré par un boulon M

taraudé dans la traverse N et recevant un écrou au-dessus du coude. Le passage dans ce dernier est pratiqué à côté du boulon qui, ainsi, n'entrave pas le courant d'eau et de vapeur.

Le coude n'est pas soumis à l'action du feu ; une plaque de fonte, qui sert en même temps de support pour les tubes, les protége. Cette plaque de tôle s'appuie sur les murs du foyer ou est suspendue à une poutre Q, fig. 2.

La fig. 6 montre le mode d'assemblage des tubes aux conduites principales F, T et G, R. Il se fait également au moyen de collets qui s'emboîtent dans les conduites et qui sont serrés par un boulon. Des soupapes permettent d'interrompre la communication entre le réservoir et les tubes à remplacer, et, dans le cas où l'on fait usage de l'eau fournie par un condenseur par surface, on peut arrêter les pertes qui se produiraient si l'un des tubes venait à brûler.

Dans cette chaudière, la génération de la vapeur à haute pression se fait avec plus de sécurité que celle de la vapeur à basse pression dans les chaudières ordinaires. La construction même écarte tout danger, car le réservoir G, qui seul renferme une quantité d'eau et de vapeur suffisante pour produire des accidents en cas d'explosion, est d'une construction simple, éloigné du feu et soustrait aux alternatives de contraction et de dilatation, ainsi qu'à un surchauffement trop grand, causes ordinaires des explosions. Il n'y a que les tubes qui soient exposés à l'action directe du feu : or, qu'un tube vienne à crever, le plus grand dégât qui puisse en résulter est que le foyer soit inondé et le feu éteint. Cela est arrivé plus d'une fois, et chaque fois on ne s'en est aperçu qu'à l'allure de la machine qui se ralentissait graduellement par manque de vapeur. Tout le monde reconnaît aujourd'hui les avantages des hautes pressions ; mais on ne pourra les apprécier à leur juste valeur que lorsque l'on aura une chaudière capable de les fournir avec sécurité et permettant, par le surchauffement de la vapeur, d'employer de grandes détentes. Les anciennes chaudières n'étaient pas dans de telles conditions. Celle de M. Benson les remplit parfaitement.

Ce qui la caractérise est la pompe foulante qui entretient un courant constant et régulier de l'eau dans le jeu de tubes qui

forme la surface de chauffe. Cette circulation mécanique est nécessaire pour réaliser le maximum de pression avec le minimum de matière. Sans elle la vaporisation serait trop rapide, le courant imparfait ou empêché, et les tubes inférieurs se brûleraient. D'ailleurs l'appareil foulant est si simple que toute objection à son emploi tombe par cela même. Durant les dix mois que la chaudière a fonctionné, la pompe n'a pas exigé la moindre réparation, excepté par suite de circonstances indépendantes de sa construction. Ainsi par la rigueur des derniers froids, l'eau s'est congelée dans la pompe qui s'est brisée. Au premier instant où l'on allume le feu, la circulation est inutile; on attend donc quelques minutes afin qu'il se forme un peu de vapeur et il n'en faut que fort peu et à une très-faible pression pour mettre la pompe en marche.

Un autre avantage pratique très-précieux de cette chaudière est la facilité de la déplacer. Le réservoir qui en forme la partie la plus lourde n'a pas le dixième des dimensions des chaudières ordinaires de même force; et les tubes peuvent s'empaqueter. Ces réductions de poids et de volume la rendent précieuse surtout pour les navires. Son prix dépasse de fort peu celui des chaudières cylindriques ordinaires, pour une force supérieure à 25 chevaux. Comparativement, une petite chaudière semblable coûte beaucoup plus qu'une grande, car elle exige toujours une pompe, et une petite pompe coûte à peu près autant qu'une grande. Dans ce parallèle nous supposons aussi que les deux chaudières ne doivent fournir que des pressions de 25 à 50 livres par pouce carré (2 à 4 atmosphères); mais les pressions les plus propres à faire ressortir les avantages de la nouvelle chaudière varient entre 100 et 150 livres (6 à 10 atmosphères), et il faut ajouter que la vapeur étant surchauffée permet l'emploi d'une grande détente. Sous ce point de vue, le prix de la nouvelle chaudière est de beaucoup inférieur à celui des anciennes. En tout cas, le transport et les maçonneries sont beaucoup moins coûteux. L'épaisseur des tubes est en moyenne de 1/8 de pouce et leur surface entière agit comme surface de chauffe. On comprend facilement quelle réduction de poids cela amène, quand on remarque que l'épaisseur des autres chaudières est

de 3/8 à 1/2 pouce. Quant aux chaudières marines actuelles, elles sont beaucoup plus chères que la nôtre. Enfin, la facilité des réparations est un avantage décisif.

Bien que l'eau et la vapeur arrivent mélangées dans le réservoir, leur séparation s'effectue parfaitement, on n'a jamais remarqué que l'eau fût entraînée par la vapeur dans le cylindre. Pour mettre au jour cette séparation, on a placé des robinets sur les faces supérieure et inférieure du conduit C, qui relie les tubes et le réservoir; quand on les ouvrait, l'une donnait invariablement de la vapeur pure, l'autre de l'eau pure. Et ces jets de mélange d'eau et de vapeur qui se déclarent dans les chaudières exposées directement au feu sont, en réalité, empêchés dans la chaudière de Benson, vu que le réservoir qui fournit la vapeur n'est pas soumis à l'action d'un foyer, et que, par suite, l'eau y est tranquille. D'ailleurs, on a eu soin de surchauffer la vapeur, sans qu'il en coûte la moindre dépense nouvelle de combustible. Avant de se rendre à la machine, elle passe par le tuyau R, qui la distribue dans une série de tubes S, absolument semblables à ceux de la chaudière et qui se réunissent dans la conduite T, tuyau d'admission de la machine.

Le menu du Staffordshire a donné 5 1/2 livres de vapeur par livre de combustible, sans que le réservoir et le conduit de vapeur aient été protégés par des enveloppes. — Le feu à peine allumé, la vapeur se forme ; au bout de vingt-cinq minutes, elle a acquis la pression de 10 livres et la pompe commence à marcher ; 10 minutes après, la pression s'élève à 35 livres et la machine peut se mettre en train ; enfin, après dix autres minutes, c'est-à-dire trois quarts d'heure après la mise en feu, la machine fait mouvoir tous les appareils de la fabrique. L'expérience s'est faite avec les 7/10 des tubes seulement, ou 460 pieds carrés de surface de chauffe.

Aux heures de chômage pendant la journée, on ferme le modérateur, on ouvre les portes du foyer, on recouvre le feu de menu et de cendres, et on laisse marcher la pompe avec le plus de lenteur possible. La vaporisation s'arrête et les tubes sont à l'abri d'un coup de feu. Cinq ou dix minutes avant de remettre la machine en train, on remue le feu, on le découvre,

on le charge de charbons frais, et ce temps suffit pour fournir de nouveau de la vapeur à la pression voulue, même pour une machine de soixante chevaux. Dix mois de pratique ont prouvé que la pression se maintient sans variation plus grande que 10 à 15 livres, lorsque la machine fait tout son travail et que la pression à la chaudière est de 40 à 55 livres. La faible capacité de la chambre de vapeur ne permet pas ici de maintenir la même uniformité de pression que dans les autres chaudières; mais, pratiquement, les différences de pression sont trop petites pour être prises en sérieuse considération.

On a toutefois ajouté un régulateur pour empêcher la pression de dépasser certaines limites (fig. 9). Il consiste en une soupape U à double siége dont la tige se termine par un piston V de la même surface que le siége inférieur. Le piston repose sur un ressort en spirale qui tient la soupape ouverte. Pour passer de la chaudière à la machine par le tuyau W, la vapeur doit traverser les deux siéges de la soupape; dans son passage elle presse contre la face supérieure du piston V, tend le ressort et ferme en partie la soupape quand la pression approche de la limite; la vapeur est donc étranglée par son excès même de pression. Le ressort est calculé de façon à maintenir la soupape complètement ouverte tant que la pression n'approche pas de sa limite. En outre, le ressort repose sur un chapeau cylindrique X glissant verticalement et supporté par le bras du levier à contre-poids Y ajusté de façon à équilibrer la pression limite sur le piston. Cette pression dépassée, le levier s'abaisse et la soupape se ferme entièrement. Pour toute garantie, on a placé une soupape de sûreté Z au-dessus du modérateur. La soupape est continuellement en mouvement. Aussi la pression au cylindre est à fort peu de chose près constante. Dans le cas où l'on voudrait faire marcher avec la même chaudière deux machines, l'une à haute, l'autre à basse pression, cette soupape modératrice serait d'un excellent usage pour régler la limite de la pression dans la machine à basse pression.

V. Dwels.

(The Mechanic's Magazine.)

PARACHUTE A FRICTION

POUR

CAGES DES MINES, MONTE-CHARGES, ETC.

Le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale* de St-Étienne a publié en 1859 une notice sur divers systèmes de parachutes employés en Angleterre, en Belgique et en France, par M. Baure, ingénieur des houillères de Janon, de Reveux et de Combérigol.

Pour traiter son sujet, l'auteur a entrepris différents voyages en Angleterre, en Belgique et en France; il a observé un grand nombre de parachutes établis dans les divers centres houillers et recueilli sur les lieux les renseignements les plus certains sur leur mode d'action et sur les résultats qu'ils avaient déjà donnés.

Son travail témoigne du soin remarquable qu'il a mis à s'entourer de tous les moyens nécessaires pour juger avec impartialité cette importante question d'exploitation et d'humanité et pour établir une critique sérieuse des divers appareils qu'il a eu sous les yeux.

Vingt-huit parachutes sont successivement passés en revue par l'auteur; il énumère les avantages et les inconvénients de chacun d'eux, et à la fin de son travail il se résume comme suit:

« Aucun des nombreux appareils que nous venons de passer » en revue ne nous paraît encore avoir atteint toute la perfec- » tion désirable. Les parachutes qui agissent avec le plus » d'efficacité ont le défaut de produire des chocs intenses, de » tendre à écarter violemment les guides et par suite d'exiger » une installation d'une très-grande solidité.

» Les autres mécanismes qui fatiguent beaucoup moins les » guides, puisqu'ils exercent des efforts opposés sur les faces » latérales, présentent à leur tour des inconvénients d'une autre » espèce.

» Leur organisation plus compliquée rend leur jeu moins sûr, » soit parce que l'entretien est plus difficile, soit parce que les » frottements sont plus grands, soit enfin parce que les res- » sorts ont une action moins directe.

» En outre, ce genre de parachute est plus pesant et a le tort » d'occuper trop de place dans les puits d'une faible section. »

Ces conclusions me donnèrent l'idée de rechercher un parachute qui pût échapper à quelques-uns de ces reproches et je fus assez heureux pour trouver une combinaison, qui, si elle ne réunit pas encore tout ce que l'on peut exiger, écarte du moins la presque totalité des reproches adressés aux autres parachutes.

Je me suis surtout proposé d'exclure le premier inconvénient reproché par M. Baure aux parachutes qu'il considère jusqu'ici comme les plus efficaces, savoir : *Les chocs intenses que produisent ces appareils.*

Longtemps avant la lecture de la notice de M. Baure, je m'étais dit qu'en certains cas il devait se produire dans l'arrêt instantané par les parachutes existants des chocs tellement violents, qu'il me semblait difficile, pour ne pas dire impossible, de leur opposer une résistance efficace et surtout de vouloir prendre le point d'appui de cette résistance sur les guides de la cage. Se fait-on une idée du choc énorme qui se produirait si l'on voulait arrêter *instantanément* ou à peu près une cage de 4000 kil. descendant avec une vitesse qui peut aller jusqu'à trois mètres par seconde et de la force vive qu'il faudrait amortir en si peu de temps!

Je cherchais donc un moyen de détruire les chocs, non pas instantanément, mais progressivement, c'est-à-dire au bout d'un certain temps qui, sans être très-long, fût toutefois suffisant pour ne pas faire éprouver aux guides des chocs destructeurs.

M. Dubar avait déjà cherché à anéantir en grande partie la force vive du poids descendant par l'emploi de matelas élastiques en liége ou en gutta-percha; et d'autres après lui avaient

cherché à résoudre le problème par des moyens analogues. Je crois plus simple de chercher à produire l'arrêt par un frottement assez grand pour retenir le poids de la cage chargée et même plus, mais trop faible pour vaincre instantanément la force vive dans le cas de grands chocs : le problème se réduit alors à trouver un frein capable de retenir un poids déterminé et d'absorber insensiblement une grande force vive.

Le frottement de deux surfaces planes pourrait suffire pour des cages légères ; mais pour des cages de 4,000 kil. il ne faut pas y songer. Pour arrêter un tel poids, il faudrait exercer une pression tellement grande que l'installation la plus solide des guides n'y résisterait pas. La pression étant limitée, il faut donner au coëfficient de frottement un multiplicateur autre que la pression. Le coin étant l'organe mécanique dans lequel il se fait le plus de perte de force par frottement, fournit un multiplicateur pour ainsi dire illimité du coëfficient de frottement. On sait que si deux surfaces planes sont en contact, il faut un certain effort pour produire le glissement de l'une de ces surfaces sur l'autre ; mais que si ces deux surfaces, au lieu d'être planes, s'emboîtent en forme de coin, il faudra, pour produire le glissement dans le sens de la tranche du coin, toutes les autres conditions étant du reste les mêmes, le même effort que pour produire le glissement de deux surfaces planes multiplié par un certain coëfficient dépendant de l'angle du coin, et d'autant plus grand que cet angle sera plus petit, ou, en d'autres termes, qu'il existera un rapport plus grand entre la hauteur et la demie base du triangle formant coin.

Ainsi, pour faire glisser horizontalement une pièce de fer de 500 kil. à surface plane sur une autre pièce de fer plane, il faut un effort de $500 \times 0,138 = 69$ kilog. ; mais si, au lieu d'être plane, ces pièces s'emboîtent en forme de coin, ayant à la tranche un angle de dix degrés, il faudra, pour faire glisser la pièce de 500 kilog., un effort de :

$$500 \times 0,138 \times 11,45 = 790 \text{ kilog.}$$

Le multiplicateur 11,45 est le rapport de la hauteur à la demi-base du triangle isocèle faisant coin, et ce multiplicateur est d'autant plus grand que l'angle de la tranche est plus

petit. Or, on peut rendre l'angle à la tranche aussi petit que l'on veut, parce que les faces latérales seules donnant le résultat précité, on peut tronquer le coin sans changer ce résultat. Je trouve donc dans l'emploi du coin un frottement assez grand pour produire l'arrêt de très-grandes charges avec une faible pression ; de là l'idée de donner aux guides la section d'un coin tronqué, et de faire prendre sur ces guides, par un mécanisme convenable, des griffes également cunéiformes.

Le principe étant trouvé, le problème est résolu : il ne reste plus qu'à construire.

Je fis d'abord un petit modèle de la plus grande simplicité, et celui-ci donna des résultats tels que des hommes, dont la parole fait loi en matière d'exploitation des mines, voulurent bien m'encourager de leur approbation et exprimèrent le désir de voir bientôt une application en grand.

Au mois de juin 1861, M. Trasenster montra le petit modèle dans son cours à l'École des mines annexée à l'Université de Liége, et un mois plus tard M. Dallemagne, directeur-gérant des hauts-fourneaux, usines et charbonnages de Sclessin, m'autorisa à expérimenter le parachute à friction sur les monte-charges à balance d'eau des hauts-fourneaux de Sclessin.

Là les guides étaient très-petits et *en fer* et sous tous les rapports le parachute se trouvait dans des conditions défavorables : malgré cela il fonctionna de manière à faire dresser par les personnes présentes le procès-verbal dont on trouvera une copie ci-après.

La planche 17 représente l'appareil envoyé à l'Exposition universelle de Londres. La figure 1 en est une élévation quand la corde est entière, la figure 2 est le plan correspondant, la figure 3 est une élévation de l'appareil après la rupture de la corde, au moment où les griffes exercent le maximum de pression sur les guides, et montre leur position quand un choc violent pourra produire le glissement des griffes sur les guides. La figure 4 est le plan correspondant, dans lequel une partie de la cage est coupée, pour montrer le mécanisme caché par elle dans la figure 2. Enfin, la figure 6 représente le même appareil en projection axonométrique, et la figure 5 reproduit le mécanisme de ce dessin à une échelle double.

Par ce qui a été dit, il sera facile de se faire, par l'inspection des dessins, une idée de l'appareil et de saisir son mode d'action.

Deux longerons en bois ou en fer AA ayant la section d'un coin tronqué servent de guides à la cage, qui porte à cet effet deux patins BB à la partie supérieure et deux autres B'B' à la partie inférieure.

Sous le toit de la cage, les deux côtés latéraux de celle-ci sont reliés par deux traverses CC qui portent les centres d'oscillation DD de deux leviers EE. Le bras le plus court de ces leviers se termine en fourche cunéiforme, l'autre est légèrement plié de côté. Par cette disposition les deux grands bras de levier peuvent se juxtaposer alors que les deux petits bras de levier se projettent horizontalement sur une même droite avee les deux guides. Les deux grands bras de levier sont saisis par une chape F qui glisse entre deux guides GG et qui se termine par une tige à laquelle est attachée la corde. Les deux leviers étant ainsi solidaires l'un de l'autre, il ne pourra pas arriver, comme cela a eu lieu pour le parachute Fontaine, que l'une des griffes fasse prise quand l'autre ne le fait pas. Enfin, entre la chape et le toit de la cage se trouve un ressort qui tend constamment à abaisser la chape et par conséquent à ramener les leviers dans l'horizontalité.

Si donc la corde soulève la cage, le poids de celle-ci comprime le ressort et les leviers sont inclinés. Cette inclinaison et une faible excentricité résultant de ce que les centres d'oscillation des leviers se trouvent plus élevés que les centres de figures, font que les griffes se rapprochent l'une de l'autre et ont un écart moindre que celui des guides. Mais aussitôt que la corde ne retient plus la chape, le ressort exerce sur celle-ci son effet, elle s'abaisse et entraîne avec elle les deux leviers. Les deux fourches se relèvent donc, s'écartent et viennent bientôt s'appuyer sur les guides. Comme les griffes se présentent aux guides sous un angle, elles serrent avec énergie, et serrent nécessairement de plus en plus. Pendant ce serrage, il y a amortissement de la chute et lorsque les leviers sont devenus perpendiculaires aux guides, c'est-à-dire lorsque l'écart des

griffes est maximum, ils trouvent un arrêt infranchissable dans la chape qui les maintient. Si à ce moment le choc n'est pas encore entièrement amorti ou si la chute du câble sur le toit de la cage en produit un second considérable, les griffes glisseront sur les guides; mais dès que les chocs seront amortis, la cage trouvera un frein insurmontable dans le frottement. Voyons maintenant si le parachute à friction résout les objections que M. Baure adresse aux autres appareils de ce genre.

1° *Production de chocs intenses.* — Il a été suffisamment démontré dans le cours de cette notice qu'avant toute chose le parachute à friction se soustrait à ce reproche.

2° *Tendance à écarter violemment les guides et par suite nécessité d'une installation d'une très-grande solidité.* — Grâce à la forme de coin donnée aux guides, on peut produire un très-grand frottement avec une faible pression sur guides, parce que celle-ci se décompose en deux autres perpendiculaires aux côtés de la tranche, et par conséquent pour ainsi dire opposées l'une à l'autre. La pression sur les guides se transforme en un effort d'écrasement, et celui-ci sera entièrement équilibré par la seule réaction moléculaire et la tendance à la flexion sera insensible.

3° *Organisation plus compliquée qui rend le jeu de l'appareil moins sûr.* — Tout le mécanisme consistant en deux leviers dont chacun a son axe de rotation, l'appareil est de la plus grande simplicité et par conséquent de la plus parfaite sécurité.

4° *Difficulté d'entretien.* — Le parachute à friction se monte sans le moindre ajustement et n'a que deux axes de rotation; il n'y a donc pas d'entretien et, de plus, tout l'appareil se trouve sous le toit de la cage, où il est à l'abri des causes accidentelles de dérangement.

5° *Les frottements sont plus grands.* — Les frottements sont tellement faibles et en si petit nombre qu'on pourra même se dispenser de graissage.

6° *Les ressorts ont une action moins directe.* — Non seulement le parachute à friction n'a qu'un seul ressort qui ne pourrait avoir une action plus directe puisqu'il agit sur l'extrémité du bras de levier le plus long, tandis que l'autre bras de levier

produit l'arrêt, mais aussi l'appareil agirait très-bien sans ressort. Les bras de levier portant les fourches étant les plus courts et les moins pesants, ils sont toujours sollicités vers l'horizontalité par ceux qui sont plus longs et plus pesants et qui portent encore le poids de la chape. Le ressort n'est donc employé ici que pour que le parachute fonctionne instantanément, afin que la pesanteur ne puisse pas imprimer à la charge une grande vitesse, et que la cage soit fixée avant que le câble soit abattu sur le toit.

7° Enfin, *ce genre de parachute est plus pesant et a le tort d'occuper trop de place dans les puits de faible section.*

Je laisserai le lecteur juger si le parachute à friction est sujet à ce reproche, et je me contenterai de faire remarquer combien la simplicité de l'appareil doit rendre son application facile et économique.

FRÉDÉRIC NYST,
Ingénieur.

Liége, avril 1862.

Procès-verbal des expériences faites avec le Parachute à Friction de M. FRÉDÉRIC NYST, *ingénieur, aux hauts-fourneaux de Sclessin, près de Liége (Belgique).*

Nous soussignés, déclarons que le 27 janvier 1862, il a été fait en notre présence des expériences avec le parachute à friction de M. Frédéric Nyst, appliqué sur l'une des cages des monte-charges à balance d'eau des hauts-fourneaux de Sclessin, et ce dans les conditions suivantes :

Les cages sont en fer, rectangulaires, de un mètre quatre-vingt centimètres et un mètre quatre vingt-dix centimètres de côté et de deux mètres dix centimètres de haut. Elles pèsent onze cent cinquante-six kilog.; elles sont guidées sur les deux côtés latéraux par de petits rails Brunel *en fer*, ayant pour section frottante quarante millim. sur trente-huit millimèt., maintenus par des traverses distantes de trois mètres. Sur le toit de l'une de ces cages a été établi le parachute à friction

pesant cent-cinquante kilog. et consistant en deux leviers dont une extrémité se bifurque en fourche cunéiforme, serrant, après rupture de la corde, les côtés latéraux des guides et arrêtant ainsi par frottement, au bout d'un certain parcours suffisant pour éviter le choc que produirait un arrêt brusque.

La cage munie du parachute a été élevée à une couple de mètres, puis lâchée brusquement. Aussitôt les griffes ont serré les guides et, après un parcours de quinze centimètres, la cage est restée suspendue sans choc important.

Le poids total arrêté était de cinq mille kilog. Après inspection des griffes, guides, etc., nous n'avons constaté aucune dégradation dans ces organes.

Nous nous sommes fait un plaisir de délivrer à M. Fréd. Nyst, ingénieur, le présent procès-verbal, pour qu'il en fasse tel usage qu'il jugera convenable.

Fait à Sclessin, le 27 janvier 1862.

(Signé)

L'administrateur-gérant de la Société anonyme de Sclessin,
G. Élias.

Le directeur-gérant de la même Société,
Guill. Dallemagne.

Le directeur des laminoirs de Sclessin,
Wathieu.

Le directeur des hauts-fourneaux de Sclessin,
Éd. Poncelet.

Le bourgmestre de la commune de Jemeppe-sur-Meuse,
Afd. de la Saulx.

Le directeur des ateliers et forges,
J. J. Closset.

L'ingénieur attaché aux ateliers de Sclessin,
Émile Prové.



FOURS DE CALCINATION,

PAR

M. A. F.,

INGÉNIEUR CIVIL.

La calamine extraite des exploitations qui sont éloignées des usines métallurgiques, est généralement soumise, sur les lieux de production, à une calcination plus ou moins soignée dont le but principal est de concentrer tout le zinc que contient le minerai, dans un poids de matière considérablement réduit.

En opérant sur un minerai peu silicaté et dans des fours convenables, la perte de poids s'élève à environ 33 %; le coût du transport diminue donc dans la même proportion et, en Espagne, comme cette dépense figure souvent pour une bonne moitié dans le prix de revient définitif de la calamine livrée aux usines, on conçoit que les producteurs n'aient rien négligé dans la construction de leurs appareils.

Dans le midi de l'Espagne, MM. de Wissocq et de Ottero ont introduit des fours de calcination à cuve dont une expérience de plusieurs années a démontré les excellentes qualités, surtout pour la calcination de la calamine en blocs.

Moyennant une consommation de 8 à 9 % de charbon, ces fours, servis par 6 hommes, peuvent livrer en 24 heures jusqu'à 10 tonnes de calamine calcinée.

La production peut être surexcitée, mais elle peut aussi être retardée et même complètement interrompue pendant une semaine et plus, sans que cet arrêt influe d'une manière fâcheuse sur la reprise du travail; c'est là un avantage précieux dans un

pays où la difficulté des transports et l'intermittence des travaux d'extraction empêchent souvent les exploitants de faire des approvisionnements suffisants pour une longue campagne.

Ces fours étant chauffés par la flamme de deux foyers latéraux, on y perd aussi moins de métal que dans ceux où l'on stratifie le minerai et le combustible, et les cendres de ce dernier ne se mélangent pas à la matière utile qui conserve sa pureté primitive.

Ayant eu à calciner sur place la calamine provenant d'une exploitation qui ne produisait alors que 5 à 8 tonnes, nous avons adopté la disposition indiquée planche 16.

Ce four diffère un peu de ceux dont il vient d'être parlé : il n'y a qu'un foyer et une porte de sortie pour le minerai; ces deux ouvertures sont directement opposées; la cuve est réunie à l'ouvrage par une surface courbe continue; il y a introduction d'air chaud sous la grille; et enfin, sauf la voûte du foyer, toute la maçonnerie a été composée de moellons de calcaire et de grès cimentés par de l'argile.

Le dessin qui représente ces fours fera comprendre la marche de l'opération; nous dirons seulement que, pendant les périodes de calcination, il est nécessaire de bien fermer la porte de sortie du minerai, car, dans le cas contraire, le tirage serait insuffisant.

Ce 1er avril 1862.

NOUVELLE MÉTHODE

POUR

SUSPENDRE LES TABLES A SECOUSSES,

PAR

M. JOSÉ DE MONASTÉRIO,

INGÉNIEUR ESPAGNOL.

Nous avons fait ressortir différentes fois l'importance de la préparation mécanique des minerais que l'on soumet aux divers systèmes de traitement métallurgique, surtout dans notre pays où la rareté du combustible dans les districts les plus industriels exige qu'on l'économise par tous les moyens possibles. Le plus efficace et le plus avantageux de tous est la concentration des schlamms, que l'on débarrasse d'une grande partie de matière stérile dont la fusion occasionnerait une dépense excessive de charbon qui peut être appliquée à donner de l'extension au traitement.

Un atelier de préparation mécanique, qui devrait comprendre les différents appareils en usage dans d'autres pays, exigerait un capital d'une certaine importance, non-seulement à cause de l'absolue nécessité d'une force motrice que peut fournir la vapeur ou un cours d'eau, mais parce que le montage de ces appareils présenterait de sérieuses difficultés dans des localités où les arts mécaniques ont fait peu de progrès, où il y a grande pénurie d'ouvriers intelligents et où les bois de construction sont chers et peu abondants. Aussi, quand un ingénieur est appelé à monter un établissement de ce genre, doit-il bien étu-

dier les conditions locales, pour appliquer aux appareils les systèmes les plus simples et les plus économiques, pourvu qu'ils satisfassent d'une façon complète au but qu'il se propose.

Nous avons monté récemment à Carthagène deux ateliers de préparation mécanique pour concentrer des minerais de différentes espèces : un à la mine *Bilbaina*, pour des minerais de plomb sulfuré, et l'autre à l'usine *El sol* pour des carbonates et des sulfures.

Dans tous les deux, nous avons adopté une nouvelle méthode de suspension pour les tables à secousses, méthode extrêmement simple et économique. Nous avons attendu que la pratique en eût sanctionné les avantages, avant de la faire connaître; et aujourd'hui qu'elle fonctionne avec succès depuis deux ans, nous croyons, en la publiant, rendre service aux établissements qui se trouvent dans le cas d'employer la préparation mécanique pour augmenter la valeur de leurs minerais et mettre à profit des résidus aussi pauvres que ceux qui s'obtiennent dans ces contrées, où ils arrivent à peine à 5 pour cent de plomb.

On sait que les tables à secousses employées dans la préparation mécanique sont suspendues par quatre chaînes de fer, deux à la tête et deux au pied; que les unes et les autres nécessitent une puissante armature de bois, ou au moins des pieds droits d'une grande épaisseur, convenablement reliés entre eux par des traverses. Les chaînes de la tête de la table étant assujetties d'une manière fixe à cette armature, celles du pied, allongées ou raccourcies, tantôt par le moyen de vis à boulon, tantôt en les enroulant à une espèce d'arbre, changent à volonté a position de l'appareil, c'est-à-dire permettent qu'il forme un plan plus ou moins incliné, selon la matière minérale qu'il s'agit de concentrer.

On a essayé de simplifier autant que possible cette charpente à laquelle sont attachées les chaînes, parce que, indépendamment de ce qu'elle se compose toujours de bois de fort équarrissage et très-coûteux, elle gêne les ouvriers et occupe inutilement beaucoup de place. Mais nous ne pensons pas qu'on soit jamais parvenu à la supprimer, non plus que les chaînes (du moins nous ne l'avons vu dans aucune des contrées indus-

trielles que nous avons visitées). Or, c'est cette suppression qui caractérise le nouveau système que nous avons appliqué dans les ateliers mentionnés ci-dessus.

Le but de la suspension des tables étant de leur communiquer une impulsion par laquelle, déviées de leur position primitive, elles y reviennent en vertu de leur poids, en subissant les vibrations que la secousse occasionne, on conçoit qu'il est indifférent de les suspendre avec des chaînes par la partie supérieure ou de les appuyer sur des essieux convenablement disposés, dès que, dans cette dernière disposition, elles peuvent recevoir un mouvement de va et vient, exactement égal à celui qu'elles recevaient par l'ancien système. Or, l'on parvient ainsi à supprimer les chaînes et les armatures dispendieuses dans un pays où ni le fer travaillé ni les bois de construction ne sont des articles faciles à se procurer.

Ces avantages sont réalisés par le simple appareil représenté dans le croquis planche 16.

La table est suspendue par quatre étriers en fonte A, deux de chaque côté, sur deux essieux C dont chacun est porté par deux barres inclinées B. Ces barres s'appuyent à l'autre extrémité sur deux essieux portés par des étriers renversés, fixés aux longrines d'un cadre inférieur.

Le demi cercle *a*, dans lequel les essieux sont pris par les étriers, se termine par un petit épaulement *b*, afin d'empêcher le glissement de ce côté. Les étriers ont leurs pattes percées d'ouvertures ovales qui reçoivent les traverses servant à les attacher à la table et au cadre inférieur. Cette forme ovale a été adoptée pour laisser un peu de jeu aux traverses.

Les barres d'appui B ont leurs extrémités percées de quatre trous, ce qui permet de lever plus ou moins la tête ou le pied de la table.

Ce simple mécanisme une fois compris, il est facile de se rendre compte de sa façon de travailler.

La table reçoit l'impulsion par le moyen d'un excentrique qui la frappe à la tête, et, jouant comme jouent librement les deux essieux *a* et *c* (fig. 3), elle est lancée en avant à une distance de $0^m,36$, en même temps que le 1er de ces essieux décrit l'arc *am*.

Quand a cessé l'effet de la force d'impulsion, la table, en vertu de son propre poids et de celui du minerai qu'elle porte, vient reprendre sa position première, et, par l'effet de la vitesse acquise en sens inverse, elle choque contre une traverse fixée dans le sol parallèlement à sa largeur, et elle est de nouveau lancée en avant, mais avec moins de force; une seconde impulsion lui communique les mêmes vibrations, et l'on continue ainsi d'une manière normale.

Ces mouvements sont extraordinairement favorisés par la position inclinée de la barre qui unit chaque paire d'étriers, barre qui s'écarte de $0^m,22$ de la verticale.

Cette simplification d'un des appareils les plus difficiles à manier dans la préparation mécanique des minerais, en permettant de réaliser une économie importante dans sa construction, débarrasse l'atelier des supports toujours gênants de l'ancien système, et diminue considérablement les frais d'entretien et de réparation.

Les tables de l'atelier de la mine *Bilbaina* sont manœuvrées par des garçons de 10 à 12 ans, et c'est encore là un point qui les recommande à l'intérêt des industriels. Et c'est dans le seul but de leur être utile que nous avons cru devoir faire connaître ce nouveau système dont la simplicité forme le principal mérite.

Nous nous réservons de publier plus tard divers détails, et peut-être la description complète de cet établissement qui, par les résultats obtenus jusqu'à ce jour, me paraît être à la hauteur des principaux établissements du même genre à l'étranger.

A. F. FENOLL.

(Extrait de la *Revista Mineva*, tome XIII, numéro 281.)

NOTICE

SUR LA

FABRICATION DES RAILS D'ACIER

ET DES

PLAQUES D'ARMURE,

PAR

M. JOHN BROWN.

On sait que dans le but d'augmenter la dureté et la résistance de la surface portante des rails, on a recours généralement à l'un ou l'autre de ces deux procédés, consistant, le premier à introduire dans le paquet du rail une barre d'acier destinée à en former la tête, et le second à tremper la partie supérieure du rail, après que celui-ci a été fabriqué de la manière ordinaire. Ces deux procédés remplissent le but jusqu'à un certain point, mais aucun d'eux n'augmente la résistance du fer dans tout le corps du rail et n'empêche le laminage dû à la soudure imparfaite des barres composant le paquet. Aussi, bien qu'on admette que la durée du rail soit prolongée par ces moyens, on ne connaît pourtant encore aucune donnée certaine à ce sujet. Au contraire, le procédé de M. Bessemer pour convertir les fontes, soit en fer malléable, soit en acier, fournit un produit pur, homogène, dure et tenace, admirablement propre à la fabrication des rails; et quoique le prix de revient de ces rails soit relativement plus élevé, on peut croire que, dans certains cas, par exemple pour des croisements de voies et dans le voisinage d'importantes stations, il y a avantage à les

substituer aux rails en fer. On obtient ces rails en laminant des barres d'acier d'une grandeur suffisante. Ainsi pour un rail de $5^m,48$ de long, pesant $37^k,38$ par $0^m,9$, on coule un lingot de $0^m,76$ de long, dont la section carrée a $0^m,23$ de côté, qu'on chauffe et qu'on réduit au marteau à une section d'équarrissage de $0^m,15$ de côté et une longueur de $1^m,52$, et qu'ensuite on lamine de la manière ordinaire. La fabrication des rails longs ne présente pas plus de difficultés que celle des rails courts; quant à la facilité de la fabrication, le nouveau procédé offre encore certains avantages sur le procédé ordinaire par le paquet. Les rails Bessemer l'emportent sur les rails ordinaires en ce qu'ils ne s'écrasent pas sous le poids des charges qu'ils ont à porter; leur tenacité et leur ductilité ont été démontrées par des échantillons de courte longueur qu'on avait destiné à des rails pesants, et qu'on àvait tordus et pliés d'une manière extraordinaire, sans la moindre apparence de fracture. La force de résistance à la traction de ces rails a été trouvée de plus de 40 tonnes par pouce carré. Les rails d'acier fondu n'ont pas été reçus comme une nouveauté, car l'établissement sidérurgique Ebbw Vale en avait fabriqué, il y a plusieurs années, quelques-uns qui avaient été placés sur un pont situé près de la station de Derby, où ils se trouvent encore en bon état. Mais ces rails ayant été faits de barres coulées d'après l'ancien procédé, le prix de revient en fut si élevé qu'il empêcha leur adoption générale. Toutefois, ils prouvèrent le grand pouvoir de résistance de l'acier pour cet usage; et actuellement le nouveau procédé de M. Bessemer met le fabricant en état de produire à prix modéré des rails d'une qualité également bonne et qui promettent de former une voie réellement permanente.

Quant à la question des plaques d'armure, il faudrait constater d'une manière décisive les résultats qui doivent en régler l'application définitive; mais comme, d'une part, on ne peut pas engager l'avenir relativement au degré de perfectionnement qu'atteindra l'artillerie, et que, d'autre part, la solidité des plaques d'armure n'a pas encore atteint sa dernière limite, on ne peut actuellement dire lequel des deux engins de guerre sortira victorieux de la lutte.

Toutefois la question générale de l'application des plaques d'armure est plutôt du ressort du constructeur de navires, tandis que le maître de forges n'a à s'occuper que de la manière de fabriquer la plus grande plaque de fer possible possédant le maximum de ténacité. Pour produire de grandes masses de fer façonné, on emploie maintenant deux méthodes, dont la première consiste dans le travail au marteau et la seconde dans l'emploi du laminoir. Le résultat général du travail au marteau doit être, croit-on, de rendre le fer cassant, ce qui est un grand défaut pour une plaque exposée aux chocs de lourds projectiles lancés à courte distance. Le procédé employé pour fabriquer de lourdes plaques avec des riblons et à l'aide du marteau-pilon, ne mérite pas plus de confiance, parce que, à cause de l'inégalité primitive des matériaux, il est extrêmement difficile d'obtenir une plaque de qualité uniforme. Le travail au laminoir, assure-t-on, produit une plaque plus tenace et plus uniforme. Dans ce cas, la difficulté consiste dans le poids et les dimensions énormes des plaques et dans la température excessive à laquelle on doit les façonner. En général, les dimensions des plaques des frégates blindées sont de 5 à 6 mètres de long sur $0^m,76$ à $1^m,16$ de large et d'une épaisseur de $0^m,114$. Le poids de la plaque varie donc de 80 à 140 quintaux, $0^m,076$ à 0,101 étant enlevés sur les côtés, et $0^m,25$ à $0^m,305$ à chaque bout après le laminage. Relativement au déchet, l'emploi du marteau présente des avantages sur celui du laminoir.

Le procédé usité pour faire une plaque du poids de 5 tonnes consiste : à étirer d'abord des barres sur une largeur de $0^m,305$ et une épaisseur de 0,025, à les couper ensuite à une longueur de $0^m,76$, puis à superposer cinq de ces barres pour les réduire en une table grossière. Cinq autres sont traités d'une manière semblable et ces deux tables sont alors soudées et façonnées en une plaque de $0^m,038$ d'épaisseur, ayant $1^{m2},22$. Quatre de ces tables sont superposées et laminées sur une longueur de $2^m,44$, une largeur de $1^m,22$ et une épaisseur de $0^m,063$. Enfin quatre de ces plaques, formant une masse de $2^m,44$ de long, sur $1^m,22$ de large, $0^m,252$ d'épaisseur, sont superposées et passées au laminoir pour former la plaque entière. Ainsi il y a dans cette

dernière plaque de $0^m,114$, 160 épaisseurs de plaques dont chacune avait dans l'origine $0^m,025$ d'épaisseur, et est conséquemment réduite à 1/35 de son épaisseur primitive. Dans l'ensemble de ces opérations, 1066 à 1218 mètres carrés doivent être soudés au moyen du laminoir. Il n'est donc pas étonnant que ces plaques présentent parfois des soufflures et d'autres défauts qu'il est d'autant plus difficile d'éviter que les dimensions et le poids sont plus considérables.

L'opération finale, consistant à souder quatre plaques de $2^m,44$ de long sur $1^m,22$ de large et 0,063 d'épaisseur, est très-difficile. Pour empêcher les bords de la table de brûler, et en même temps pour achever toute l'opération pendant que le fer est à la température voulue, il faut prendre les plus grands soins, la perte de quelques moments pouvant avoir des effets funestes. Les quatre plus grandes plaques employées pour le dernier laminage sont chauffées dans un four particulier; ensuite elles en sont retirées avec de lourdes chaînes et placées sur un truck qui est amené au laminoir au moyen d'une voie ferrée inclinée de manière à lancer l'extrémité du paquet sur le tablier d'avant du laminoir. Après avoir passé par le laminoir, la plaque est reçue sur un plan incliné composé de longs rouleaux qui tendent à la ramener au laminoir dont le mouvement est en ce moment renversé, et la plaque repasse donc en sens contraire, et ce mouvement de va-et-vient se répète jusqu'à ce qu'on obtienne l'épaisseur voulue. La plaque est ensuite enlevée au moyen d'une grue et placée sur une grande table en fer fondu. Dans cette position, on roule dessus un cylindre en fer du poids de 9 tonnes pour enlever les inégalités et les flexions laissées par le laminage. Aussitôt que la plaque est suffisamment refroidie, on la transporte à la machine à planer qui enlève les inégalités des bords, et l'opération est terminée.

MÉMOIRE

SUR QUELQUES ESPÈCES MINÉRALES DU CHILI,

PAR

FRÉD. FIELD.

(Quarterly Journal of the chemical Society).

J'ai terminé le premier mémoire publié dans le XII[e] vol., p. 8 (1) du journal de la Société sur quelques minéraux du Chili, renfermant de l'arsenic, du soufre et du cuivre, en annonçant que je m'occupais de l'analyse d'une espèce fortement imprégnée de pyrite et qui contenait du soufre, de l'antimoine, du cuivre, du fer et de petites quantités d'argent; malheureusement je n'ai pu obtenir un échantillon suffisamment pur pour être soumis à l'analyse: La matière pyriteuse était si intimement mélangée avec le minéral lui-même, qu'après avoir consacré beaucoup de temps à son étude, j'ai reconnu l'impossibilité d'arriver à une formule chimique. La découverte de la combinaison Cu^2S, AsS^3, analogue à la belle espèce argentifère AgS, AsS^3, rendait cependant très-intéressante celle d'un correspondant Cu^2S, SbS^3 à la mine d'argent antimonié noir AgS, SbS^3. Mais, ainsi que je viens de le dire, mes efforts ne furent couronnés d'aucun succès. On ne connaît également point jusqu'à présent la combinaison du sulfide antimonique avec trois équivalents de sulfure cuivreux, correspondant à la *Guyacanite* (espèce nouvelle que j'ai décrite dans le mémoire précité). Celle-ci consiste en un composé de sulfide arsénique avec trois équivalents de sulfure

(1) Voir le tome VII de la *Revue universelle*, p. 184.

cuivreux. Toutefois, des recherches ultérieures m'ont conduit à la détermination de plusieurs espèces remarquables, dont quelques-unes, pour n'être pas tout-à-fait inconnues dans la science, m'ont néanmoins paru mériter une attention particulière.

Oxyde cuivrique. — Il est assez rare de rencontrer dans le règne minéral la combinaison d'un équivalent de cuivre avec un équivalent d'oxygène. L'oxyde cuivreux, que l'on trouve si souvent dans les localités où abonde le métal à l'état natif, paraît se transformer entièrement en bicarbonate, soit sous l'influence de l'air atmosphérique, soit par d'autres causes plus difficiles à définir, en s'assimilant tout à la fois et l'oxygène et l'acide carbonique.

L'enveloppe terreuse noire dont les masses de cuivre rouge sont si fréquemment entourées, et que l'on a décrite dans quelques ouvrages comme étant l'oxyde cuivrique, contient, autant que l'expérience me permet de l'affirmer, une très-grande proportion de soufre; et bien qu'on ne puisse peut-être la considérer comme un oxysulfure parfaitement défini, toujours est-il qu'on ne peut la regarder comme de l'oxyde cuivrique pur.

Avant que les grandes découvertes, faites à la fois dans la vallée du Mississipi et sur les bords du lac supérieur de l'Amérique septentrionale, vinssent révéler l'existence d'une quantité comparativement grande d'oxyde cuivrique noir, ce minéral n'avait encore été signalé que dans les laves du Vésuve. Tout récemment, on a découvert dans l'extrême Nord du Chili (à 25° S de longitude) des filons de cuivre très-étendus, consistant essentiellement en oxyde cuivrique associé à du carbonate calcique, et à un minéral d'un noir brillant qui paraît être une variété de Hornblende. La mine, qui présente un aspect terreux d'un brun-noirâtre, fait, sous l'action de l'acide chlorhydrique, une effervescence tellement vive, qu'on serait tenté tout d'abord de la prendre pour un carbonate; mais un examen plus approfondi du minéral joint au fait qu'il supporte la chaleur rouge sombre sans éprouver de diminution en poids, montrent à l'évidence qu'il n'en est pas ainsi : on sait que les carbonates de cuivre abandonnent presque instantanément leur acide carbonique quand on les expose à une forte chaleur.

Une analyse qualitative de ce minéral a démontré la présence de l'oxyde cuivrique, de l'oxyde ferrique, de l'acide carbonique, de l'oxyde calcique, du chlore, de l'eau et d'une substance insoluble dans les acides. L'analyse quantitative a fourni les nombres suivants :

Cuivre	36,34
Oxyde calcique . .	11,61
Oxyde ferrique . .	7,87
Acide carbonique .	9,32
Chlore	0,25
Eau	0,28
Matières insolubles.	25,23
	90,90

Dans ce minéral, le chlore était associé au cuivre et formait avec l'oxyde de ce métal et l'eau un oxydo-chlorure. Quant à la chaux, comme 11,61 se trouvent saturés par 9,12 d'acide et que l'analyse en montre 9,32, elle devait s'y trouver à l'état de carbonate.

La majeure partie du cuivre existe évidemment sous la forme d'oxyde cuivrique, et la constitution du minéral peut être exprimée comme suit :

Oxyde cuivrique	42,92
Oxydochlorure, ($3\,Cu\,O, Cu\,Cl + 4\,H\,O$) .	2,89
Carbonate calcique	20,73
Oxyde ferrique	7,87
Matières insolubles	25,83
Perte	0,36
	100,00

En faisant abstraction de la matière insoluble de l'oxyde ferrique et du carbonate calcique, nous obtenons :

Oxyde cuivrique.	93,69
Oxydochlorure cuivrique. .	6,31
	100,00

Sulfate de plomb noir amorphe. — On a trouvé dans une mine située à quelques lieues Nord-Ouest de Coquimbo une espèce excessivement curieuse de sulfate plombique. Elle était en grandes masses noires au centre desquelles on remarquait une vénule de belle galène grenue. L'aspect terreux du sulfate et l'absence de tout éclat métallique l'avaient fait rejeter par les mineurs comme substance stérile. Son poids spécifique indiquait cependant qu'elle renfermait essentiellement un composé d'un des métaux les plus lourds, et l'analyse a démontré, en effet, que c'était du sulfate de plomb, coloré par une petite quantité d'oxyde ferreux. A la température de l'ébullition, l'acide chlorhydrique le décomposait entièrement en formant une solution d'un vert pâle; cette couleur était due à la présence du chlorure ferreux ou plutôt du sulfate ferreux, si tant est que l'acide sulfurique existât dans la liqueur, à l'état libre; par le refroidissement, la majeure partie du plomb se déposait à l'état de chlorure. Le poids spécifique de ce minéral était 6,20, et 100 grs ont donné :

Sulfate plombique	96,74
Oxyde ferreux	3,26
Argent	traces.
	99,90

La galène, qui constituait en quelque sorte le noyau de la masse, contenait, ainsi que c'est le cas pour la variété saccharoïde, des quantités d'argent appréciables et supérieures de beaucoup à celles du sulfate extérieur.

Sulfate ferrique basique. — Cette belle espèce minérale a été décrite dans les traités de minéralogie sous le nom de *Fibroferrite.* Cependant, comme il paraît exister de nombreux sulfates, parmi lesquels on peut mentionner le sulfate biferrique (Fe^2O^3, SO^3), que l'on cite généralement dans les ouvrages de chimie, comme étant le seul trouvé à l'état natif dans l'Amérique méridionale, il ne sera peut-être pas hors de propos de faire ici la description de la véritable fibroferrite.

Ce minéral se rencontre en masses botryoïdes dont les modules arrondis sont formés de fibres soyeuses, innombrables,

divergeant à partir du centre et présentant une teinte d'un vert pâle doré.

Il est constitué par deux équivalents d'acide sulfurique combinés à un équivalent d'oxyde ferrique ($Fe^2O^3, 2SO^3 + 10HO$) avec 10 équivalents d'eau.

	Calculé.	Trouvé.
Acide sulfurique .	32,00	31,94
Oxyde ferrique . .	32,00	31,89
Eau.	36,00	35,90
	100,00	99,73

Exposé à l'air pendant quelques semaines, il perd deux équivalents d'eau et devient : $F^2O^3, 2SO^3 + 8HO$; il n'éprouve plus dès lors de diminution en poids, l'exposition durât-elle même plusieurs mois ; si on le chauffe au bain-marie à 212° F. (100° C.), il abandonne 7 équivalents d'eau et le résidu, dont la formule est $Fe^2O^3, 2SO^3 + 3HO$, exige une température très-élevée pour l'expulsion des trois derniers équivalents. Enfin, soumis durant plusieurs heures à une température comprise entre 500 et 600° F (260 à 315° C.), il laisse dégager toute son eau et l'on obtient le sulfate sesquiferrique pur, parfaitement anhydre.

	Calculé.	Trouvé.
Oxyde ferrique . .	50,00	49,87
Acide sulfurique .	50,00	49,98
	100,00	99,85

Si l'on fait digérer la fibroferrite dans l'eau froide, elle s'y dissout partiellement et la solution qui contient à la fois du fer et de l'acide sulfurique, accuse au papier de tournesol une réaction faiblement acide. L'action de l'eau bouillante amène des phénomènes intéressants. Le minéral se décompose à une température d'environ 120° F., en donnant une matière amorphe d'un jaune ocreux et un sel soluble dont la solution est fortement acide. 10 grains de fibroferrite furent mis en digestion dans de l'eau bouillante, et le résidu qu'on en retira, séché au bain-marie à 212° F., pesait exactement 3 grains ; il rendait à

l'analyse 2,100 d'oxyde ferrique, 0,528 d'acide sulfurique et 0,368 d'eau, ce qui démontre évidemment l'existence d'une combinaison de deux équivalents d'oxyde ferrique avec un d'acide sulfurique et trois équivalents d'eau.

	Calculé.	Trouvé.
$2\,Fe^2O^3$ . . .	70,49	70
SO^3	17,61	17,60
$3\,HO$ . . .	11,90	12,26
	100,00	99,86

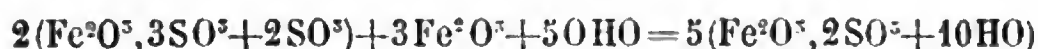
ou $2\,Fe^2O^3, SO^3 + 3\,HO$.

On trouva que l'acide sulfurique qui se trouvait dans la liqueur filtrée pesait 2,640 et l'oxyde ferrique 1gr,06, de sorte que la perte correspond sensiblement aux sept équivalents d'eau expulsés à 212° F. (100 C.). L'acide sulfurique se trouve évidemment à l'état libre aussi bien qu'en combinaison avec l'oxyde ferrique, comme dans le sulfate ferrique. Ainsi il semblerait que trois équivalents de fibroferrite se soient décomposés en un équivalent d'un sulfate basique, un de sulfate neutre, deux d'acide sulfurique libre et en eau.



$$3(Fe^2O^3, 2SO^3 + 10\,HO) = 2\,Fe^2O^3, SO^3 + Fe^2O^3, 3\,SO^3 + x\,HO.$$

Le produit insoluble que nous avons décrit ci-dessus se rencontre à l'état natif et souvent associé à la fibroferrite. Il en résulte que cette dernière se reproduirait chaque fois que le sulfate ferrique neutre et l'acide sulfurique libre viendraient en contact avec l'oxyde ferrique et l'eau.



$$2(Fe^2O^3, 3SO^3 + 2SO^3) + 3\,Fe^2O^3 + 50\,HO = 5(Fe^2O^3, 2SO^3 + 10HO)$$

Un fait assez remarquable c'est que de la combinaison $Fe^2O^3, 2\,SO^3$, où deux équivalents d'acide sont unis à un équivalent de base, il dériverait un composé présentant deux équivalents de base pour un d'acide.

Bournonite. — La Bournonite était inconnue dans l'Amérique méridionale, et je crois même dans le Nouveau-Monde, lorsque je la rencontrai, en 1858, dans une mine située près d'Huasco, dans la partie septentrionale du Chili.

L'échantillon, qui était cristallisé, avait une densité de 5,80; sa dureté était exprimée par 2,5. Il ressemblait à tous égards à ceux que l'on trouve dans le Cornwall et dans plusieurs parties de l'Allemagne.

100 grains ont donné :

Soufre	20,45
Antimoine. . . .	26,21
Plomb	40,76
Cuivre	12,52
	99,94

Un échantillon du Cornwall a fourni :

Soufre	20,30
Antimoine. . . .	26,30
Plomb	40,80
Cuivre	12,70
	100,10

Nous mentionnons ce minéral, non-seulement parce qu'il est le premier de cette espèce que l'on ait rencontré en Amérique, mais aussi parce qu'il nous conduit à présenter quelques observations relatives à la séparation de l'arsenic et de l'antimoine d'avec le plomb, le cuivre et d'autres métaux analogues.

En 1854, MM. Rivet, Beudant et Daguin ont publié dans les *Comptes-Rendus* un mémoire très-intéressant, où ils proposaient de séparer l'antimoine, l'arsenic et le soufre d'avec plusieurs autres éléments, en faisant digérer le minéral dans une solution chaude de potasse, qui dissolvait au bout de quelque temps les sulfures d'arsenic et d'antimoine, puis en faisant ensuite passer dans la liqueur un courant de chlore pour transformer ces éléments en acides sulfurique, arsénique et antimonique.

Les auteurs affirment que ce procédé permet de séparer entièrement l'antimoine, l'arsenic et le soufre, du plomb, du cuivre, etc., mais dans les différents essais que j'en ai faits, je n'ai pu obtenir, surtout en présence de l'antimoine, une dé-

composition complète, bien que les minéraux expérimentés fussent amenés à un degré très-fin de division. Dans la plupart des cas, il se dissolvait une forte proportion d'antimoine et presque la totalité de l'arsenic, mais on trouvait invariablement de l'antimoine dans les résidus, même après plusieurs jours de digestion. Les hypochlorites alcalins ou les terres alcalines ne donnèrent pas de résultats meilleurs.

Le Dr Aug. Streng (*Ann. Ch. Pharm.*, XCII, 411, et *Chem. Gaz.*, XII, p. 269) essaya, mais sans succès, dans son analyse volumétrique du plomb, de décomposer la galène au moyen de l'hypochlorite calcique. J'ai essayé de même, et sans aucun résultat, l'action de l'hypochlorite sodique sur la galène et plusieurs autres minéraux. Streng cependant parvint à obtenir le plomb à l'état de peroxyde en convertissant le sulfure naturel en sulfate plombique à l'aide de l'acide nitrique très-concentré; après avoir neutralisé la liqueur par de la potasse, il la faisait digérer avec de l'hypochlorite calcique à une température un peu inférieure à 212° F. (100° C.). Après quelque temps, la décomposition était complète et la totalité du sulfate plombique avait passé à l'état de peroxyde. Lorsqu'on traite la bournonite de la même manière, en substituant seulement le chlorure de soude à celui de chaux, la solution enlève une quantité notable d'antimoine, mais on retrouve toujours 2 à 3 % de ce dernier dans les résidus.

Le procédé réussit admirablement pour les arséniosulfures de cuivre ou de plomb. Pour la guyacanite ($3\,Cu^2\,S, As\,S^5$), par exemple, on pulvérise finement le minerai et on le fait digérer dans de l'acide nitrique fumant, après quoi on évapore à siccité; on ajoute alors un fort excès d'hypochlorite sodique et on laisse bouillir le tout pendant vingt minutes environ.

Tout le soufre et l'arsenic passent dans la liqueur et l'oxyde cuivrique pur reste non dissout. On obtient les mêmes résultats avec les arsénio-sulfures de cobalt et de nickel.

Les solutions les plus concentrées de potasse ou de soude employées en grand excès et aidées d'une forte ébullition, sont impuissantes à décomposer complètement les arséniates de ces métaux. Mais si l'on fait passer à travers la liqueur alcaline,

préalablement mise en ébullition, un courant de chlore, ou, ce qui est plus simple, si l'on emploie, pour l'attaque, un hypochlorite, aucune trace d'arsenic ne peut être révélée dans les oxydes qui forment le résidu.

Sulfure double de cuivre et de plomb. — Cette espèce minérale, qui est très-rare et que j'ai découverte dans une mine située près du district argentifère d'Arqueros, se compose de trois équivalents de sulfure cuivreux unis à un équivalent de sulfure plombique ; elle diffère entièrement de la *Cuproplombite* ($Cu^2 S, 2, Pb S$), originaire aussi du Chili, et que Plattner analysa il y a quelques années.

100 grains du nouveau sulfure double ont donné :

Cuivre . , . .	53,88	ou $3 Cu^2 S, Pb S$.
Soufre	17,69	
Plomb	28,81	
	99,78	

	Calculé.	Trouvé.
$3 Cu^2$	53,34	53,28
4 S	17,78	17,69
Pb	28,88	28,80
	100,00	99,78

Il n'est peut-être pas inutile de faire connaître que cette espèce minérale a reçu le nom d'*Alisonite*, en l'honneur de M. Robert E. Alison qui, par les opérations métallurgiques étendues qu'il a effectuées sur cinq points différents de la république du Chili, a contribué pour beaucoup dans le développement des richesses minérales de l'Amérique méridionale. Je ferai observer que le grand minéralogue américain Dana, à qui j'ai envoyé une note succincte sur le minéral en question, l'a publié sous le nom d'alisonite dans le supplément à la dernière édition de son ouvrage.

L'alisonite vient s'ajouter ainsi à la liste des sulfures doubles qui ont été discutés dans les deux mémoires que j'ai eu l'honneur de faire parvenir à la Société.

Rosicler arsénical . . .	$3\,AgS, AsS^3$
» antimonical . .	$3\,AgS, SbS^3$
Sulfarsenite cuivreux . .	$3\,Cu^2S, AsS^3$
Guyacanite	$3\,Cu^2S, AsS^5$
Alisonite	$3\,Cu^2S, PbS$.

M. David Forbes, à son retour du Chili, a décrit dans le numéro de décembre 1860 du *Philosophical Magazine*, un nouvel arséniure de cuivre qu'il a nommé *Darwinite* (1). C'est un troisième arséniure à mettre à la suite de la *Domeykite* et de l'*Algodonite*, dont j'ai entretenu la Société en 1857.

Domeykite . . .	$Cu^6 As$.
Algodonite . . .	$Cu^{12} As$.
Darwinite . . .	$Cu^{18} As$.

(1) Cet article est reproduit ci-après

SUR LA DARWINITE,

NOUVELLE ESPÈCE MINÉRALE DU CHILI,

PAR

DAVID FORBES.

Ce minéral, dont un échantillon m'a été donné comme étant de l'arsenic natif, a été rencontré près de Protrero-Grande, à quelques milles Sud-Est de Copiapo, où il se présente en veinules traversant le terrain porphyritique.

Ces veines paraissent être composées entièrement de ce minéral à un grand état de pureté, mais elles atteignent rarement une largeur de plus de deux pouces. L'échantillon qui a été analysé et dont la section est d'environ 1 1/2 pouce, représentait toute la puissance d'une pareille veinule. Il se composait du minéral pur, sans gangue; seulement sa surface extérieure était couverte sur les côtés d'oxyde rouge de cuivre, et en certains points, de taches vertes d'arsénite ou d'arséniate cuivrique.

Sa couleur, son éclat et sa grande pesanteur spécifique l'avaient d'abord fait prendre pour de l'argent natif, et l'on avait commencé à exploiter ces veinules, dont les travaux ont été abandonnés dès que les essais faits à Copiapo permirent d'en reconnaître la faible teneur en argent. Comme il dégageait des fumées arsénicales abondantes, on le prit pour de l'arsenic natif, et l'on peut s'étonner de ce qu'on ne l'ait jamais essayé au point de vue de sa teneur en cuivre.

Le minéral massif, sans aucune trace de clivage, se brise assez facilement; cependant il ne cède pas aux premiers coups de marteau dont sa surface garde les empreintes avant qu'il ne cède : fracture simple, dureté 3,5.

Éclat métallique; cassure récente d'un gris argenté sombre qui, par l'exposition à l'air, se change en bronze jaune-sale ; panachures métalliques d'un gris sombre argenté ; opaque.

La pesanteur spécifique de trois fragments différents était de 8,69, 8,67, 8,57 : moyenne, 8,64.

Chauffé en vase clos, ce minéral ne se décompose pas, et on remarque au plus de faibles traces de fumée d'acide arsénieux que l'action de l'air contenu dans le tube développe d'un côté. Dans un tube ouvert, on obtient une fumée blanche bien distincte d'acide arsénieux.

A la flamme réductrice du chalumeau sur le charbon, il donne un globule blanc-d'argent, qui, en se refroidissant, dégage des fumées arsénicales et prend rapidement une teinte rouge. A la flamme oxydante, il dégage des fumées arsénicales abondantes, et après des transformations successives, il finit par laisser un globule de cuivre métallique, malléable, mais retenant encore un peu d'arsenic. Par la coupellation avec du plomb, ce bouton de cuivre donne un petit globule d'argent : avec les fondants, il ne présente que les réactions du cuivre.

L'analyse qualitative, par la voie humide, a confirmé ces résultats et démontré la présence du cuivre, de l'arsenic et de l'argent, sans autre matière. On s'occupa particulièrement du soufre et du fer, mais il fut impossible d'en reconnaître la présence. Un échantillon a donné une trace de plomb qui n'était évidemment qu'une impureté accidentelle.

Les analyses qualitatives ont donné les résultats ci-après :

	A	B	C	D
Cuivre . .	88,35	88,07	88,11	88,02
Argent . .	0,38	0,24	0,08	0,42
Arsenic. .	11,27	11,69	11,81	11,56
	100,00	100,00	100,00	100,00

Dans l'analyse A, on a déterminé l'arsenic au moyen d'un arséniate magnésico-ammonique, séché à 212° Fh., qu'on avait obtenu en fesant dissoudre 11gr,01 du minéral dans l'acide, saturant d'ammoniaque, puis ajoutant en même temps du chlorure magnésique et du chlorure ammonique. L'argent a été déterminé par coupellation et le cuivre obtenu par la différence.

Dans les analyses B, C et D on a commencé par la détermination de l'argent, et l'arsenic a été dosé par différence, après avoir déterminé le cuivre au moyen du procédé suivant :

On a fait fondre au chalumeau, sur du charbon, 1 à 2 grains du minéral, avec du verre de borax et un globule d'or pur pesant 3 à 4 grains. La fusion étant complète, on a séparé le bouton obtenu du borax adhérent, en le plongeant encore chaud dans l'eau. Ce bouton, fondu dans un creuset de charbon, a été soumis à une bonne flamme oxydante jusqu'à ce qu'il ne se dégageât plus de fumées arsénicales et que la teinte verte, qui caractérise le cuivre pur à l'état de fusion, se déclarât. Tout l'arsenic étant ainsi éliminé, il restait un bouton rouge métallique d'un alliage d'or et de cuivre, parfaitement malléable, dont le poids, diminué de celui du bouton d'or ajouté, correspondait à la quantité de cuivre et d'argent en présence. Déduisant ensuite la quantité proportionnelle d'argent déterminée par coupellation sur un autre échantillon, on avait celle du cuivre contenu dans le minéral.

Cette méthode donne des résultats très-exacts et peut être avantageusement appliquée à la détermination du cuivre dans des composés où ce métal se trouve mélangé à l'arsenic, sans la présence du soufre. Le fer et la gangue n'en altèrent pas l'exactitude et on les sépare facilement en scories par la fusion avec le borax. Dans l'analyse des malachites, des oxydes et des silicates de cuivre, on peut facilement amener le cuivre en présence à l'état d'un arséniure, pour le déterminer comme ci-dessus.

Ces différentes analyses ne laissent aucun doute sur la composition du minéral, qui peut être représentée par la formule Cu^{12} As, qui donnera

Cuivre	. . .	88,37
Arsenic	. .	11,63
		100,00

valeurs qui se rapprochent beaucoup de la moyenne des résultats obtenus par l'analyse et qui donne, en ajoutant au cuivre la faible quantité d'argent :

Cuivre	. . .	88,41
Arsenic	. .	11,59
		100,00

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que, des trois composés de cuivre et d'arsenic qu'on trouve au Chili, on n'en rencontre pas deux dans la même localité, bien que tous les trois se trouvent dans des filons de la même époque géologique. Leur composition chimique donne :

Domeykite, $Cu^6 As$	Cuivre	. .	71,64
	Arsenic	. .	28,36
			100,00
Algodonite, $Cu^{12} As$	Cuivre	. .	83,66
	Arsenic	. .	16,34
			100,00
Darwinite, $Cu^{18} As$	Cuivre	. .	88,37
	Arsenic	. .	11,63

On a donné au nouveau minéral le nom de Darwinite en l'honneur de Darwin, dont les recherches géologiques dans cette partie de l'Amérique du Sud sont trop connues pour qu'il soit nécessaire de les rappeler.

REVUE

ÉCONOMIQUE, ADMINISTRATIVE ET JURIDIQUE

DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE FRANÇAISES,

PAR

L. SIMONIN,

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES.

« Il faut affranchir notre industrie de toutes les entraves intérieures qui la placent dans des conditions d'infériorité; aujourd'hui nos exploitations sont gênées par une foule de règlements restrictifs. »

(Extrait de la lettre de l'empereur Napoléon III au ministre d'État, 5 janvier 1860.

I.

PARTIE ÉCONOMIQUE.

Nécessité de l'abaissement du prix des transports par la réduction des tarifs sur les chemins de fer, la suppression des droits de navigation, l'achèvement des voies ferrées, l'amélioration des rivières et canaux. — Le traité de commerce et les usines sidérurgiques. Causes du malaise actuel.

Depuis qu'ont été écrites les mémorables paroles que nous prenons pour épigraphe de cet article, et qui resteront notre devise en matière d'industrie minière et métallurgique; depuis que le chef de l'État, prenant sur lui l'application de mesures libérales, a proclamé l'affranchissement de l'industrie et conclu avec l'Angleterre le traité de commerce que tout le monde connaît, une partie des promesses économiques comprises

dans le programme impérial ont été réalisées, surtout en ce qui concerne l'économie des transports.

La construction de vingt-deux nouvelles lignes de chemins de fer a été décrétée comme étant d'utilité publique, quelques-uns des canaux appartenant à des Compagnies ont été rachetés, et un décret a réduit les droits de navigation sur tous les canaux de l'État.

Il faut maintenant compléter les décisions déjà prises et achever, au point de vue du bas prix et de la facilité des transports sur un point quelconque de l'empire, ce qui a été si heureusement commencé.

N'oublions pas que notre industrie française n'est pas encore complètement affranchie de toutes les entraves intérieures qui la placent dans des conditions d'infériorité, et que nos exploitations, pour continuer à employer les termes de la lettre que nous avons citée, sont toujours gênées par une foule de réglements restrictifs.

Des ingénieurs bien connus, dont le nom a plus d'autorité que le nôtre, se sont déjà fait entendre pour réclamer le complément du programme impérial, et leur demande a surtout porté sur l'amélioration de nos voies de communication intérieure. Au point de vue économique, c'est là que gît en effet presque tout le mal. Nous ne sommes ni moins intelligents ni moins pratiques que nos voisins les Anglais, nos houillères ne sont pas plus mal exploitées que les leurs, nos hauts-fourneaux, nos forges ne sont pas moins bien installés que les usines similaires de la Grande-Bretagne. S'il fallait même donner la préférence à l'un des deux pays, nul doute que la France ne remportât la palme au double point de vue de l'habile disposition des usines et du bon aménagement des travaux souterrains : c'est là du moins une opinion que partagent tous les ingénieurs qui ont visité l'Angleterre. Mais les Anglais gardent sur nous deux avantages : l'un que la nature leur a donné et que nous ne saurions leur ravir : c'est celui de l'heureuse allure et de la merveilleuse richesse de leurs bassins houillers. Les mines y sont toutes exploitables à peu de frais, le charbon ne s'y rencontre pas à une grande profondeur, le toit est solide et, partant,

les dépenses de boisage presque nulles. Enfin, le combustible est compacte et la quantité de gros produite par le dépilage relativement plus forte que dans nos mines françaises.

Le second avantage qui distingue les houillères de la Grande-Bretagne est celui de leur situation topographique qui est aussi tout exceptionnelle. Les deux principaux des bassins anglais, celui du comté de Newcastle et celui du pays de Galles, forment une bande allongée bordée par le rivage de la mer. Les ports d'embarquement, les canaux, les rivières et les fleuves navigables sont voisins des mines, et de ces points part le combustible transporté en tous lieux au plus bas prix. De Sunderland, de Cardiff, le charbon anglais que ne consomment pas les usines indigènes est expédié à travers le monde entier; il se présente sur nos rivages; il vient, remontant tous nos fleuves navigables, faire concurrence à nos houilles sur nos marchés intérieurs. Il y a là un inconvénient qu'il faut faire cesser à tout prix, et pour cela le seul moyen efficace est d'améliorer nos voies de transport, d'en créer de nouvelles et d'abaisser partout les tarifs déjà existants. Le système très-incomplet encore de nos voies de communication intérieure place nos mines et nos usines dans des conditions d'infériorité réelle, et l'on se demande si la première chose à faire, avant d'ouvrir notre industrie pour ainsi dire à la libre concurrence, n'eût pas été d'organiser chez nous le bas prix des transports, pour nous mettre en mesure de lutter avec l'étranger d'une manière efficace et victorieuse.

Les tarifs pour le transport des houilles par les chemins de fer ont été abaissés et pourraient l'être encore.

« L'administration, disait l'Exposé de la situation de l'Empire présenté aux Chambres en 1861, tout en poursuivant le développement des voies de fer, n'a pas perdu de vue une question à laquelle les réformes commerciales ont donné une importance toute particulière, c'est-à-dire la réduction des tarifs des chemins de fer sur les matières les plus nécessaires à l'agriculture et à l'industrie. Il n'est pas besoin d'insister sur les difficultés que présente la réalisation d'une mesure qui touche à tant d'intérêts. Des négociations sont ouvertes à ce sujet avec les

principales compagnies des chemins de fer, et une commission spéciale a déjà réuni en grande partie les documents qui doivent servir de base aux traités à intervenir entre ces compagnies et l'État. On peut espérer que cette question délicate sera prochainement résolue. »

Depuis lors, rien n'a plus transpiré sur ce sujet.

Sur les canaux, les réformes ont marché plus vite et des réductions importantes ont été accordées sur les droits de navigation, mais l'industrie ne sera complètement satisfaite qu'autant que ces droits auront entièrement disparu sur les canaux comme sur les rivières et les parties hautes des fleuves; car les embouchures de nos grands cours d'eau sont délivrées de tout droit de ce genre. Il en résulte que les houilles anglaises qui se présentent à l'entrée de nos fleuves n'ont aucune taxe à payer pour en remonter les embouchures, tandis que nos charbons navigant dans l'intérieur acquittent encore des droits de navigation qui deviennent considérables pour un tonnage élevé et pour un parcours un peu long.

Le gouvernement, en achetant tous les canaux, devrait aussi faire tous ses efforts pour réorganiser la batelerie en souffrance, et venir en aide à cette intéressante industrie. On verrait alors les combustibles, transportés à meilleur marché, accomplir un plus long parcours et arriver à bien plus bas prix aux usines qui les reçoivent déjà. Mais les canaux et les chemins de fer doivent marcher parallèlement sans se faire, comme aujourd'hui, une concurrence désastreuse qui a tué la première de ces industries. A mesure que notre navigation intérieure sera perfectionnée, il faut aussi que notre réseau ferré soit complété, dirigé vers les régions industrielles, et que les mines et les usines qu'il ne traverse pas s'y rattachent par des embranchements. C'est de cette façon seulement et par celle précédemment indiquée que le prix des matières premières sur les lieux de consommation sera notablement diminué. Au point de vue de l'exploitation proprement dite, de l'art de l'ingénieur des mines, on peut dire que tout a été fait. Partout où il y a du combustible on l'exploite et on l'exploite bien. Les houillères françaises peuvent certainement servir de modèle aux autres houillères du

continent, excepté celles de la Belgique qui marchent du même pas que les nôtres vers les limites du progrès. Le seul point qui nous reste à perfectionner en France, point sur lequel nous sommes encore en arrière vis-à-vis surtout de l'Angleterre et de la Belgique, c'est la facilité des communications intérieures pour laquelle, il faut d'ailleurs le reconnaître, notre sol est moins favorablement disposé que celui des pays déjà cités. Il nous reste néanmoins beaucoup à faire à ce sujet, et il est temps qu'on ne voie plus la houille, dont le prix moyen de la tonne sur le carreau de la mine est en France de 10 fr., monter quelquefois à 30 fr. par le seul effet de transports, c'est-à-dire tripler de prix en passant seulement d'un département à un autre.

Les améliorations que réclame la navigation intérieure de la France doivent donc surtout appeler notre attention. Elles sont nombreuses, et le comité des houillères françaises, par l'organe de son savant secrétaire, M. Amédée Burat, faisant ressortir le rôle important que les rivières et les canaux doivent jouer dans la vie industrielle du pays, a nettement indiqué dans l'une de dernières publications (1), les progrès à réaliser. Nos principaux fleuves, la Seine, la Loire, le Rhône, plusieurs de nos rivières, comme la Saône et l'Yonne, réclament d'importants travaux. Et quand on songe que le plus utile peut-être de nos cours d'eaux, le Rhône, qui traverse pour ainsi dire deux des plus productifs de nos bassins houillers, celui du Gard et celui de la Loire, a toujours ses embouchures barrées, que la navigation du Delta est très-difficile, qu'elle ne peut se faire qu'en certaines saisons et avec des bateaux d'un faible tonnage, et qu'enfin les houilles d'Alais et de St-Étienne prennent la voie ferrée, toujours beaucoup plus coûteuse, pour arriver jusqu'à Marseille, on se prend à réfléchir tristement sur le peu qui est fait, et sur tout ce qui reste à faire pour l'amélioration du plus important de nos cours d'eau.

Les canaux du Rhône au Rhin, de la Bourgogne, le canal latéral à la Loire, ceux d'Orléans, de Roanne, de Briare, du Loing,

(1) *Navigation intérieure de la France. — Amélioration des rivières et des canaux*. Paris 1861.

ceux du Centre, du Nivernais et du Berry, ceux enfin du Nord et du Pas-de-Calais, réclament tous aussi les plus sérieuses améliorations, et une partie de la navigation intérieure de la France, comme le fait observer fort bien M. Burat, n'est plus au niveau des besoins et des nécessités de l'époque.

« Si l'on voulait, continue l'éminent écrivain, mettre notre industrie des transports intérieurs en mesure de lutter avec les voies qui favorisent les exportations anglaises, la plus grande partie de nos canaux serait à refaire....

« Nous n'avons pas pour notre navigation intérieure des prétentions aussi ambitieuses; nos canaux dans les conditions actuelles de leur construction, avec les améliorations indiquées pour assurer leur alimentation et leur viabilité, peuvent rendre les plus grands services, à la seule condition que l'on supprimera toute perception de tarifs et que l'on assurera la navigation des rivières qu'ils mettent en communication.

» Les exploitants des houillères ont apprécié les mesures qui ont été prises pour favoriser la navigation intérieure; mais ils pensent qu'il faut plus encore; que des problèmes tels que ceux du maintien de la batelerie sur la Loire et sur le Rhône doivent être attaqués et résolus par les moyens les plus énergiques; enfin, que l'amélioration et la libre navigation des rivières et des canaux sont le complément naturel de la franchise des routes et la conséquence obligée des tarifs élevés accordés aux compagnies de chemins de fer. »

Espérons que la voix de l'habile ingénieur ne sera pas celle de *celui qui crie dans le désert*, qu'elle sera entendue et qu'il sera fait droit enfin à de justes demandes si nettement formulées.

Le nouveau programme économique annoncé par la lettre déjà citée de l'Empereur à son ministre d'État ne signale-t-il pas, du reste, en première ligne l'abaissement général du prix des transports parmi les moyens de mettre l'industrie nationale en mesure de soutenir la concurrence étrangère?

« Un des plus grands services à rendre au pays, écrit l'Empereur, est de faciliter le transport des matières de première nécessité pour l'agriculture et l'industrie. A cet effet, le Ministre des travaux publics fera exécuter le plus promptement possible

les voies de communication, canaux, routes et chemins de fer, qui auront surtout pour but d'amener la houille et les engrais sur les lieux où les besoins de la production les réclament, et il s'efforcera de réduire les tarifs, en établissant une juste concurrence entre les canaux et les chemins de fer. »

Ce n'est pas d'ailleurs seulement les houillères, c'est aussi les hauts-fourneaux et les forges qu'intéresse le bas prix des transports. Le fer est aujourd'hui si indispensable à la richesse des nations que l'on peut juger avec certitude du degré de civilisation d'un pays par la quantité de ce métal qu'il fabrique et consomme.

Le fer, comme la houille, doit donc s'obtenir à bon marché. Mais ici, comme pour le combustible, on ne peut non plus passer sous silence les avantages exceptionnels dont jouit la Grande-Bretagne. Le bas prix y est le même pour les usines comme pour les mines, et la supériorité de l'Angleterre est encore augmentée par le rapprochement très-fréquent sur le même gîte du minerai et de la houille souvent associés avec le fondant lui-même : de là une extrême modicité du prix des matières premières que l'on ne rencontre peut-être nulle autre part. C'est presque devant les usines, souvent même au pied des fourneaux, que viennent passer les canaux et les chemins de fer, et nous sommes loin en France de jouir de tels éléments de succès. On ne peut nier toutefois que nous n'arrivions sur ce point à contenir, sinon à repousser la concurrence étrangère. Nos usines sont aussi bien installées que les usines anglaises, nos minerais sont de meilleure qualité, et comme une partie de notre fabrication se fait au bois, nos fers sont relativement meilleurs que ceux de l'Angleterre et sont même recherchés par elle pour certains usages spéciaux. De là vient que, malgré l'application du traité de commerce, nos fontes et nos fers ont à peu près conservé leur prix malgré une plus grande introduction du métal anglais. Et si dans quelques-uns de nos départements une partie de nos usines chôment, si notre production se ralentit, il faut peut-être chercher à ce mal d'autres raisons que le traité de commerce. La cause, d'ailleurs, en fût-elle tout entière à ce traité, il faut voir si les résultats heureux qu'il

amène sont plus nombreux, et nous croyons que c'est le cas, que les inconvénients dont il est cause, et alors se consoler en pensant que beaucoup de bien ne se fait pas souvent sans un peu de mal, et que, comme l'a dit un ministre à la Chambre, dans un récent débat, toute armée, même victorieuse, traîne après elle ses traînards et ses blessés.

L'enquête relative au traité de commerce, dans laquelle ont été entendus nos principaux maîtres de forges, et le voyage métallurgique entrepris officiellement dans le Royaume-Uni par deux de nos ingénieurs des mines les plus expérimentés, MM. Gruner et Lan, ont à la fois concouru à démontrer que la France pouvait lutter avec l'Angleterre au point de vue de la fabrication de la fonte et du fer. Les avantages plus grands de nos voisins sont compensés par la plus grande distance qui les sépare de nos marchés, et par les droits qui pèsent toujours sur l'introduction des produits anglais. Sur un seul point notre infériorité existe encore, c'est sur celui des voies de transport intérieures. Et ici comme pour nos houilles nous réclamons de tous nos vœux l'entier accomplissement des promesses contenues dans le programme économique de l'Empereur. « Pour contenir la concurrence étrangère dans de justes limites, il faut, comme l'écrivait le ministre des travaux publics, que l'administration vienne résolument en aide à la métallurgie française, en faisant exécuter avec une infatigable sollicitude tous les travaux, toutes les voies de communication destinées à favoriser de la manière la plus économique la production et la circulation de la houille ou du bois, les transports du minerai, la fabrication de la fonte et du fer. »

L'application du traité de commerce et le prix encore élevé des transports intérieurs n'ont pas été la seule cause de la malheureuse position dans laquelle une partie de nos usines à fer se sont trouvées en 1861 et se trouvent encore aujourd'hui. Si, parmi ces établissements, les uns ont été obligés de suspendre, les autres de diminuer leur travail, si ceux-ci se sont vus forcés de vendre leurs produits au-dessous du prix de revient, alors que ceux-là maintenaient les anciens prix de vente, il ne faut pas accuser de l'état de malaise qui a affecté les

premiers les conditions économiques nouvelles aujourd'hui imposées à nos usines sidérurgiques. C'est le passé qu'il faut surtout interroger. La production en fonte et en fer avait été exagérée comme l'a fort bien fait observer le *Moniteur des intérêts matériels*, et le nombre des usines créées en des temps de prospérité extrême était devenu trop considérable pour la consommation ordinaire.

En France, l'attente des effets du traité de commerce a d'abord tenu en suspens et même singulièrement refroidi acheteurs et vendeurs, mais dès qu'on s'est aperçu que par l'application du traité les produits étrangers ne faisaient pas invasion comme on l'avait cru, les prix se sont peu à peu relevés, et au demeurant on peut espérer que les nouvelles conditions qui leur sont faites seront beaucoup plus favorables que défavorables à nos usines ; tout ne tardera pas à se régulariser après le premier effet de réaction que l'application des grandes mesures entraîne toujours avec elles, et il faut bien espérer qu'après un premier moment d'indécision et d'arrêt, la loi inévitable du progrès reprendra le dessus, et que nos hauts-fourneaux et forges, plus productifs que jamais, lutteront vigoureusement avec les usines étrangères rivales par la bonne qualité de leurs produits.

II.

PARTIE ADMINISTRATIVE.

L'abonnement aux redevances; utilité de la réduction de cet impôt; quel doit être son emploi. — Nécessité de la réunion des concessions; avantages qu'elle présente. — Des réformes à introduire dans l'instruction des demandes en concession de mines et en autorisation d'usines métallurgiques.

Si la revue générale des principaux faits économiques concernant les mines et la métallurgie françaises, en 1861, se rattache essentiellement pour cette première fois à la mise en œuvre du programme impérial du 5 janvier 1860, la partie adminis-

trative que nous allons traiter va signaler également quelques améliorations dues surtout à l'application de ce programme.

On a vu, dans ce qui vient d'être dit, tout ce qui a été fait et tout ce qui reste à faire pour affranchir notre industrie des entraves intérieures qui la gênent; une foule de réglements administratifs s'opposent aussi à son développement. C'est cette nouvelle barrière que le gouvernement doit également faire tomber, car s'il convient que nous luttions avec l'Angleterre, il faut nous mettre dans le cas de lutter à armes égales. Déjà le décret du 30 juin 1860 a consacré une mesure utile et que tous les exploitants ont accueillie avec reconnaissance. On sait à combien de vexations et de plaintes a donné lieu le travail dit des redevances. Les bases en sont dressées par les ingénieurs des mines, et il a pour but d'imposer les concessionnaires à 5 % du revenu net de leur exploitation. Depuis longtemps, l'abonnement à la redevance était partout demandé, mais en vain. Il n'a pas fallu moins que le programme économique de l'empereur et les réformes qu'il appelait pour que l'on fît enfin droit aux justes réclamations des exploitants. En conséquence, à partir de 1861, l'abonnement à la redevance proportionnelle des mines a été accordé aux concessionnaires qui en ont fait la demande, et l'on a pris pour base du chiffre de l'abonnement le produit net moyen des deux années antérieures. Le taux ainsi fixé a été maintenu pour une période de cinq ans.

M. Burat, dont les actives et infatigables publications éditées par le comité des houillères françaises, ont sans nul doute préparé l'adoption de cette mesure, demandait plus encore et avec juste raison. Partant de ce fait que l'application du traité de commerce avec l'Angleterre devait forcément amener l'État à placer nos établissements sur le pied de franchises égales à celles dont jouissent nos voisins, le secrétaire du comité des houillères demandait que la redevance des mines fût abaissée, comme en Belgique, à 2 ½ % du produit net imposable, ou même qu'elle fût, comme en Angleterre, complétement supprimée. Si le Comité des houillères n'a pas encore obtenu gain de cause sur l'un de ces deux points, on ne saurait nier que l'administration a consenti à se montrer enfin traitable et

que, tout en accordant l'abonnement aux exploitants qui l'ont demandé, elle a aussi consenti, pour les autres, à établir l'assiette de cet impôt sur des bases plus équitables que par le passé.

Ainsi, à partir de l'exercice de 1861, le ministre de l'agriculture du commerce et des travaux publics a prescrit l'adoption des mesures suivantes :

1° Le revenu brut de l'exploitation s'établira non plus d'après les quantités extraites dans l'année, mais bien d'après les quantités vendues, sauf à considérer comme vendus les produits envoyés à grandes distances ou dans des entrepôts où il serait généralement impossible de les suivre;

2° Il a également été admis, conformément au vœu des exploitants, que l'on prendrait dorénavant, pour calculer le produit brut, non pas exclusivement les prix sur le carreau de la mine, mais les prix sur les lieux mêmes où les ventes se seront opérées, sauf toutefois le cas où il s'agirait de ventes à l'étranger; comme, dans ce cas, il serait impossible de contrôler le prix de la vente, l'on devra nécessairement s'en référer aux prix sur le carreau;

3° Enfin, en ce qui regarde certains articles de dépenses que jusqu'à présent l'on refusait de compter parmi les dépenses de l'exploitation, il a été décidé que l'on comprendrait à l'avenir parmi les frais qui doivent être déduits du produit brut, pour déterminer le produit net imposable, les différentes dépenses ci après, savoir :

L'établissement ou l'entretien par les concessionnaires des voies de communication propres à faciliter des débouchés aux exploitations, même lorsqu'elles ne feront pas partie intégrante de la mine;

Les subventions pour les chemins vicinaux;

Les frais de transport, d'entrepôt et de vente, encore bien que le lieu où s'opérera la vente ne soit pas relié à la mine par des voies qui en dépendent immédiatement;

Les pertes de place, les frais de voyage;

Les secours donnés aux ouvriers infirmes ou à leurs familles, soit qu'il s'agisse ou non de secours fournis à raison d'accidents arrivés dans les travaux;

Les rémunérations accordées en certaines occasions aux mineurs;

Les frais des écoles destinées aux enfants des ouvriers;

Les indemnités tréfoncières, soit en argent, soit en nature, que les actes de concession obligent les concessionnaires à payer aux propriétaires de la surface, en vertu des articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810.

« Il était difficile, dit M. Petitgand dans le *Journal des Économistes*, d'aller au-delà, d'apporter plus de modération à la perception des redevances et de la comprendre plus largement. En effet, on fait figurer dans les dépenses les secours donnés aux ouvriers, qui se prélèvent d'habitude au moyen d'une retenue de 2 à 5 pour cent, exercée sur le salaire même des ouvriers; on y ajoute les indemnités tréfoncières, droit légitime du propriétaire dépossédé de son sol. »

« Il n'est pas sans intérêt, écrit encore l'habile praticien auquel nous empruntons ces lignes, de rappeler les principes libéraux proclamés par la loi des mines du 21 avril 1810, car on est étonné de voir comment on a pu les méconnaître si longtemps et en fausser si arbitrairement l'application. »

« S'il est juste, disait le rapporteur du projet de loi, le comte de Girardin, à la tribune législative, que les propriétaires de mines paient une redevance à l'État, à titres de propriétaires, il est nécessaire, pour l'intérêt général, qu'elle soit extrêmement modique. Il est reconnu que tout impôt qui pèse sur l'industrie est beaucoup plus nuisible qu'utile.

» L'exploitation des mines doit être encouragée, car leurs productions sont incontestablement une richesse de plus pour la nation... Il faut donc diriger l'industrie et les capitaux sur la fabrication du fer, et pour y parvenir, il faut favoriser l'exploitation du charbon de terre.

» La loi favorise cette exploitation en garantissant qu'elle ne sera jamais assujettie aux contributions ordinaires et que les taxes, levées seulement pour couvrir les dépenses de l'administration, seront si peu considérables, qu'elles ne détourneront personne de continuer ou d'entreprendre l'exploitation de la houille. »

Ce sont là de belles paroles que l'administration, il faut le reconnaître, avait depuis longtemps perdues de vue et que même on lui rappelait en vain. On est enfin revenu aux saines doctrines; mais il reste encore un pas à faire. L'empereur Napoléon I[er], qui aura entre autres gloires celle d'avoir promulgué la loi des mines de 1810, dont il a souvent discuté lui-même les principaux articles au milieu de son Conseil d'État, avait en vue, on vient de le reconnaître, en établissant l'impôt des redevances, non pas d'enrichir le fisc, mais de couvrir seulement l'état de ses dépenses en matière d'administration des mines. Napoléon voulait de la sorte faire payer, pour ainsi dire, aux exploitants les honoraires des ingénieurs du corps impérial dont les conseils sont donnés gratuitement aux concessionnaires de mines et aux propriétaires d'usines minéralurgiques, et les frais des écoles des mines dont les leçons sont gratuites pour les élèves qui les suivent, et qui, pour la plupart, vont ensuite prêter à l'industrie privée le secours de leurs connaissances spéciales. Il ne faut pas que l'administration perde de vue ce double but si élevé qui guidait l'empereur quand il discutait les articles de la loi des mines se rapportant aux redevances, il ne faut pas que cet impôt soit fiscal, mais bien, suivant les généreuses idées de l'auteur lui-même de la loi,que les taxes levées sur les exploitants soient seulement destinées à couvrir les dépenses de l'administration, et qu'elles soient si peu élevées qu'elles ne détournent personne de continuer ou d'entreprendre une exploitation. Il faut que le surplus de ces taxes soit, comme le voulait l'empereur, distribué en prêts à l'industrie, et que les recherches de mines et la création d'usines soient ainsi encouragées par l'État avec les fonds des industriels eux-mêmes. Il faut enfin que les mines en souffrance soient aidées par ces mêmes fonds, que l'impôt levé sur les mines riches s'en aille aux mines pauvres, par une sorte de flux et de reflux naturel dont personne ne se plaindra.

Dans les mines de la Grande-Bretagne, avec lesquelles nous devons maintenant lutter à tout prix, le fisc n'a rien à voir et les exploitants ne payent aucun impôt à la Couronne. Si les mines sont passibles envers le propriétaire terrien d'une rente souvent

assez élevée et connue sous le nom de *royalty*, nos principales mines de houille, notamment celles de la Loire, payent également aux propriétaires du sol un droit souvent très-onéreux, dit de tréfonds, et s'élevant jusqu'au 10e et au delà de l'extraction brute. Cette rente faite dans ce cas au propriétaire consacre ses droits à la possession du sous-sol ou tréfonds, dont la valeur était généralement connue et exploitée avant la promulgation de la loi des mines. Sur d'autres points, les droits du propriétaire de la surface n'ont pas été si bien sauvegardés, le propriétaire a même été un peu dépossédé, il faut bien le reconnaître, et le droit illusoire de cinq à dix centimes par hectare que la loi lui accorde a rarement été payé ou réclamé. Ce n'est donc pas sur ce chapitre qu'aucune réforme est possible, c'est sur le montant des redevances payées à l'État, et nous venons de voir que là-dessus un pas considérable avait déjà été fait. Il en reste un plus grand à faire, c'est de porter, comme en Belgique, le taux des redevances à 2 ½ % du produit net imposable, si les redevances ne sont pas tout-à-fait supprimées comme en Angleterre.

Une autre cause qui, avec l'impôt des redevances jusqu'ici trop élevé ou trop rigoureusement exigé, nuit singulièrement au développement de l'exploitation des mines en France et surtout des mines de houille, c'est la défense faite par l'État de réunir plusieurs concessions entre les mains d'une seule compagnie. La loi du 21 avril 1810 permettait cette réunion, à la seule condition que toutes les concessions fussent simultanément exploitées et qu'aucun puits d'extraction ne restât en chômage. Dans les mines de la Loire, où une puissante compagnie s'était formée, la concentration des concessions avait produit de très bons effets, et un bassin très-riche, celui de Rive-de-Gier, avait même dû à la réunion des concessionnaires, qui jusque là n'avaient pu s'entendre et se ruinaient en procès, de ne pas demeurer inondé sous les eaux. Quelques dissidents étaient seuls restés en dehors du faisceau commun et exploitaient au jour le jour. Jaloux de la puissante Compagnie qui s'était établie autour d'eux, ils crièrent au monopole, soulevèrent l'opinion publique, ce qui n'est pas difficile, en prétextant, comme ils le firent, que la grande Compagnie des

mines de la Loire faisait à son gré la pluie et le beau temps, la hausse et la baisse des charbons. Le gouvernement intervint, et par un décret du 24 octobre 1852, scinda en quatre compagnies distinctes la puissante Société minière, et déclara qu'à l'avenir la réunion des concessions ne pourrait plus avoir lieu sans son autorisation. Or, on sait ce que l'obtention de l'autorisation de l'État entraîne de démarches de toutes sortes, et combien les lenteurs administratives sont chez nous désespérantes au milieu de ce réseau inextricable dont nous enveloppe la centralisation. Le demande en réunion de concessions a été astreinte à toutes les formalités d'une demande en concession de mines, avec apposition d'affiches, enquêtes et contre-enquêtes, en un mot, tout l'attirail obligé des réglements administratifs si inutiles, si fastidieux en pareil cas, et faisant perdre aux exploitants un temps si précieux. Tous ces obstacles, créés comme à plaisir et déjà si préjudiciables aux industriels dans les demandes en concession de mines, sont donc renouvelés pour les demandes en réunion de concessions, et cependant l'utilité de grandes compagnies houillères ne saurait être méconnue en vue surtout de la situation nouvelle qui a été faite à nos exploitations par tous les traités de commerce récemment conclus. En Angleterre, en Prusse, en Belgique, les gouvernements n'ont jamais défendu la concentration des concessions, ils y ont, au contraire, poussé les exploitants. Dans plusieurs circonstances, nous apprend M. Burat, le gouvernement belge a voulu lui-même réunir différentes concessions en une seule société, et il n'a pas cessé d'encourager les groupements d'anciennes concessions; en Prusse les houillères de Sarrebruck sont centralisées sous la direction de l'État; celles du bassin de la Ruhr, qui sont très-divisées, peuvent se vendre et se réunir au gré des exploitans, sans que l'État y mette jamais aucun obstacle. On sait qu'il en est de même en Angleterre, en Espagne, en Italie. Comment refuse-t-on encore à nos houillères le même droit de se réunir, de se grouper en raison de leurs intérêts communs, lorsque les mines voisines, à l'étranger, jouissent de cette faculté, et que leurs produits viennent sur nos marchés faire concurrence aux nôtres?

La concentration de plusieurs concessions en une seule est du reste une mesure à la fois utile et nécessaire, surtout pour le bon épuisement des eaux d'un même bassin, et le cas des mines de Rive-de-Gier qui n'ont pu être asséchées que par ce moyen le prouve suffisamment. En outre, l'agglomération des concessions permet seule l'établissement de grands travaux préparatoires ; elle donne aussi la faculté d'augmenter et de régulariser l'extraction par un meilleur aménagement de la richesse souterraine, et en augmentant l'extraction de diminuer le prix de revient. En même temps les frais généraux restant à très peu près les mêmes pour plusieurs concessions dirigées par la même administration, que pour chaque exploitation administrée séparément, le prix de revient diminue encore par la concentration des concessions et d'une manière très-notable. Qui profite le plus dans ce cas de cette diminution, le producteur ou le consommateur ? Nous croyons que la réponse n'est pas douteuse. Quant à ceux qui opposent à la réunion des concessions l'utilité de la concurrence et les inconvénients du monopole, on peut leur répondre que la concurrence doit se faire d'un bassin à un autre et non forcément entre les mines d'un même bassin ; que d'ailleurs, les principes qui plaident en faveur de la réunion des concessions sont les mêmes que ceux qui ont milité en faveur de l'adoption de la loi des mines de 1791 et plus tard de la loi de 1810. Le premier de ces principes, qui sépare si résolument la propriété du dessus de la propriété du dessous, par cela seul que les mines ne peuvent obéir souterrainement aux divisions capricieuses des propriétés superficielles, et qu'il est bon qu'elles soient exploitées sur de grandes distances par le même concessionnaire, principe si éloquemment posé et défendu par Mirabeau devant l'Assemblée nationale, n'est-il pas absolument le même que celui qu'invoquent les compagnies houillères quand elles sollicitent la réunion de plusieurs concessions limitrophes? Quant au monopole que l'on craint de voir s'établir par l'agglomération des concessions et que l'on fait toujours miroiter comme une sorte de *spectre rouge* aux yeux du gouvernement indécis, et du public inquiet, ce monopole n'est plus possible aujourd'hui avec l'état actuel bien que encore im-

parfait de nos voies de transport. Les charbons du Gard et de la Loire ainsi que les charbons anglais arrivent, par exemple, à Marseille et à Toulon; si les mines de combustible des Bouches du Rhône et du Var étaient concentrées entre les mains d'une seule et même compagnie, croit-on que le prix de ces combustibles, dont les usines de Marseille et de Toulon font un si grand emploi, ne se réglerait plus de lui-même, comme il le fait aujourd'hui, sur le prix des charbons de provenance extérieure, et que l'arrivage de ces charbons n'apporterait plus à la fois et une utile concurrence et l'impossibilité de tout monopole sérieux? Ce qui est vrai pour Toulon et Marseille ne l'est-il pas pour Lyon qui reçoit en même temps les houilles du Creuzot et celles de la Loire; pour Paris, où arrivent concurremment les houilles belges, anglaises et françaises? Non, le monopole des charbons n'est plus aujourd'hui possible, même pour les grands centres industriels de fabrication établis sur les bassins carbonifères; la concurrence s'est créée partout; la réunion de plusieurs concessions houillères entre les mains d'une compagnie puissante ne peut plus tendre qu'à une chose, c'est à faire diminuer le prix de vente du charbon, et cette diminution n'est-elle pas le but vers lequel gouvernement et industriels tendent aujourd'hui de tous leurs efforts?

Et quand on s'inquiète de cette réunion des concessions houillères entre les mains d'une seule société d'exploitants, quand l'État refuse de l'accorder, ne peut-on pas lui opposer le cas des chemins de fer où le groupement de plusieurs lignes sous une seule compagnie est aujourd'hui un fait partout admis?

« Cette concentration de l'exploitation des chemins de fer entre les mains de quelques compagnies puissantes, dit M. Perdonnet, dans son *Traité des chemins de fer*, a eu pour avantages de diminuer considérablement les frais généraux et de rendre beaucoup plus faciles les combinaisons du service dans l'intérêt de tous. Le gouvernement a pu de cette manière, tout en s'exonérant de la plus grande partie des charges qu'il s'était imposées dans l'origine, obtenir l'exécution d'immenses travaux que de petites compagnies indépendantes les unes des autres auraient été probablement incapables d'achever. »

Pourquoi, nous le demandons, une vérité si bien reconnue par l'État pour l'exploitation des chemins de fer ne l'est-elle pas également quand il s'agit de l'exploitation des mines?

En dehors des deux causes précédemment rappelées qui apportent leur part d'obstacles au progrès de nos exploitations, il en est qui dépendent plus uniquement encore de l'administration et qui ont trait à la loi qui régit nos mines. La plupart des articles de cette loi auraient besoin d'être modifiés ou rapportés, ou tout au moins mieux interprêtés. Le principe qui a dicté la loi de 1810 est certainement très-libéral, on ne peut se dispenser de le reconnaître, et nul ne saurait nier que la distinction si nettement établie entre la propriété du dessous et la propriété du dessus n'ait concouru pour une large part à la facile exploitation de nos mines et n'ait contribué à faire naître en France le goût des investigations minéralogiques. Mais, en dehors de ces avantages, que d'inconvénients dans une loi dont les nombreux articles gênent la liberté de l'exploitant, le surveillent, le suivent et prétendent même lui dicter la façon dont il devra conduire ses travaux! Que de préambules surtout, que de délais quand il s'agit de demandes en concession, que d'exigences de la part de l'État, exigences souvent ridicules et que les ingénieurs des mines ont heureusement le bon esprit de ne pas suivre toujours à la lettre! Le plus grand mal qui résulte de tout cela, de toutes ces appositions d'affiches, de ces longues enquêtes que l'on instruit à grand bruit et où l'on semble appeler jusqu'à la dernière heure des concurrents à tout prix, le plus grand mal, c'est que les industriels et les capitalistes se dégoûtent des demandes en concession, et l'instruction en est vraiment si longue que l'on a souvent plus tôt fait d'aller à l'étranger créer des exploitations de mines que d'obtenir une concession en France. Outre que ce qui est loin plaît toujours et paraît magnifique, *omne longiquum pro magnifico est*, on a cet avantage, en allant loin, d'être mieux traité que chez soi et d'y exploiter des mines sur l'heure, si on juge que les indices en sont favorables et que l'on est bien aise d'y enfouir ses capitaux. Ce qui se passe en Espagne, en Angleterre, ce qui se passait encore en Italie, hormis le Piémont, il y a quelque

temps, ce que nous avons vu aussi pratiquer dans toute l'Amérique du Nord, aussi bien que dans l'Amérique du Sud, est une preuve de ce que nous venons d'avancer, et nous ne sachions pas que les mines dans les pays que nous venons de citer soient pour cela plus mal et moins avantageusement exploitées qu'en France. Nous n'aimons pas, pour nous du moins, l'intervention de l'État dans les affaires d'industrie privée. « Elle seule, disait à la Chambre, en parlant de l'industrie privée, M. Molé, ministre et ancien directeur général des ponts et chaussées, elle seule a le secret du juste rapport des avantages et des dépenses; elle seule sait approprier les travaux à leur fin. » En un mot, l'industrie privée n'a-t-elle pas pour mobile l'intérêt privé, et quel meilleur guide, en industrie, que l'intérêt? Nous croyons donc que notre loi des mines gagnerait beaucoup à la révision ou à une interprétation plus rationnelle de la plupart de ses articles concernant les formalités à suivre pour l'obtention des concessions. Les développements de notre industrie nationale répugnent à une centralisation trop complète, et sans prêcher ici, en matière de concessions, l'adoption des réglements qui régissent l'Espagne où une mine est concédée à la minute par *l'alcade* de la localité à celui qui en dénonce le premier l'existence, nous croyons qu'il y aurait mieux à faire que de suivre les errements depuis trop longtemps en vigueur en France, et nous pensons que l'introduction de mesures à la fois plus libérales et plus expéditives dans notre code des mines faciliterait singulièrement, sinon l'exploitation des mines déjà concédées, du moins de celles qui ne le sont pas encore, et dont personne à peu près ne veut, à cause des délais trop longs de la plupart des demandes en concession.

Qu'est-il besoin que de pareilles demandes, après s'être instruites dans les départements auprès des préfets et des ingénieurs du corps impérial des mines, retournent ensuite au ministre pour être examinées par le conseil des mines et le conseil d'Etat qui ne jugent que sur les pièces déjà au dossier? Si l'on tient à s'entourer de tant de précautions, que l'on fasse alors diligence, que les affiches de la demande ne soient pas

quatre mois apposées sans que l'affaire suive son cours et à la seule fin d'appeler non-seulement des opposants, mais encore des concurrents dont l'intervention, à laquelle souvent ils ne pensaient pas, vient grossir mal à propos le dossier de toute cette affaire. Il y a longtemps que l'on devrait avoir obtenu de l'administration le redressement de pareils faits. La disparition de tous ces inconvénients, qui tendent, comme ceux précédemment signalés, à paralyser notre industrie minérale, est indispensable à la bonne exploitation de nos mines.

Ce que nous venons de dire pour les demandes en concession s'applique de tout point aux demandes en autorisation d'usines métallurgiques. Les formalités d'instruction sont à très-peu près les mêmes : quatre mois d'affiches, longues enquêtes, avis des ingénieurs, du préfet, du conseil des mines, du conseil d'État. Il faut encore recommencer toute l'instruction, si l'on modifie seulement un four. Nous savons bien que le plus souvent les industriels passent outre, et qu'ayant l'approbation tacite de l'administration locale, ils bâtissent d'abord leurs usines comme ils commencent à exploiter leurs mines, mais cette situation n'est pas régulière, plusieurs se refusent à l'accepter et se découragent avant l'issue d'une enquête si longue qu'on en a vu durer plusieurs années.

III.

PARTIE JURIDIQUE.

Comment doivent être réglés les dommages occasionnés à la surface par les travaux souterrains. — De la responsabilité des directeurs de mines et de ses limites. — Inconvénients de l'intervention des ingénieurs de l'État ; avantages de la liberté industrielle.

Si des considérations précédentes, qui sont d'un ordre purement administratif, nous passons à l'interprétation juridique de la loi et aux faits qui intéressent plus directement nos

exploitants, les points ne manquent pas non plus sur lesquels leur attention s'est particulièrement éveillée dans ces derniers temps. Nous allons nous arrêter d'abord sur l'un de ces points, ayant trait à l'exagération des indemnités réclamées dans certains cas par les propriétaires de la surface, à raison des dommages qu'ils peuvent éprouver du fait des travaux souterrains. On sait que les art. 43 et 44 de la loi des mines de 1810 donnent au propriétaire de la mine, sauf certaines réserves, le droit d'occuper les terrains de la surface pour y établir ses travaux, à la condition de payer au double leur valeur ou les dommages qui résultent de l'exploitation.

L'article 43 s'occupe des travaux établis temporairement à la surface : « Si ces travaux ne sont que passagers et si le sol où » ils ont été faits peut être mis en culture au bout d'un an, » l'indemnité sera réglée au double de ce qu'aurait produit net » le terrain endommagé. »

L'article 44 prévoit l'occupation des terrains au-delà d'une année : « On peut exiger du concessionnaire l'acquisition des » terrains à l'usage de l'exploitation. Le terrain à acquérir sera » toujours estimé au double de la valeur qu'il avait avant » l'exploitation de la mine. »

Mais le législateur de 1810 n'a rien dit des dommages qui pourraient provenir à la surface du fait des travaux intérieurs, et partant le droit commun doit servir à régler ces dommages. C'est donc ici le cas d'invoquer les articles 1382 et 1149 du Code Napoléon qui obligent celui qui a causé à autrui un dommage à le réparer, et évaluent la réparation au montant de la perte faite et du gain dont on a été privé. Les dommages à payer ne sont pas évidemment dans ce cas ceux prévus par les articles 43 et 44 de la loi des mines. Depuis quelques années cependant une doctrine nouvelle a prévalu dans la jurisprudence; les tribunaux ont condamné les exploitants à payer au double les dégâts produits à la surface par les exploitations souterraines, et à acquérir même les propriétés endommagées au double de leur valeur. On conçoit qu'il y a là une tendance contre laquelle les exploitants ne sauraient trop s'élever. Divers membres éminents du barreau parisien, consultés à ce sujet,

ont tous présenté des conclusions favorables aux exploitants, et M. Paul Fabre, ancien avocat au Conseil d'État et à la Cour de cassation, après avoir énuméré les charges déjà imposées à nos exploitations, continue en ces termes :

« Voici que, depuis quelques années, une doctrine nouvelle tend à accroître ces charges, déjà si lourdes, dans une proportion illimitée, en étendant aux dommages quelconques causés par l'exploitation des mines le principe d'une indemnité exorbitante réservée par la loi à des cas spéciaux. Si cette doctrine prenait racine dans notre jurisprudence, jamais prime plus belle n'aurait été offerte aux procès.

» Nos terrains houillers les plus riches sont situés à une faible profondeur, et il est nécessairement fréquent que la surface éprouve des mouvements par suite du travail des mines. Le plus souvent, ces mouvements sont sans action grave sur les cultures ; mais on peut s'en rapporter à l'esprit de lucre et de chicane pour découvrir des dommages irréparables lorsqu'on lui offrira l'appât d'un aussi beau bénéfice que celui résultant de l'application de la nouvelle jurisprudence. Nous voulons bien admettre que les tribunaux ne s'exagéreront pas la protection qui est due à l'intérêt territorial contre l'intérêt industriel, et qu'ils sauront toujours se mettre en garde contre l'avidité des propriétaires ; mais ne sera-ce pas assez de perpétuels procès pour créer aux entreprises houillères des embarras qui les paralysent, et pour les mettre, par suite, dans l'impossibilité de tenir tête à la concurrence étrangère ? »

M. Paravey, ancien conseiller d'État, l'un des administrateurs des forges d'Alais, est plus précis encore que M. Fabre. Dans un mémoire présenté à la Cour de cassation au nom de sa compagnie, au lieu d'en appeler tout d'abord à la justice, à la saine interprétation de la loi, comme le savant jurisconsulte, M. Paravey s'adresse aux simples, et procède par contrastes frappants :

« Si un homme, dit-il, sans droit d'aucune espèce, envahit et ravage la propriété d'un autre, sur un point qu'il choisit selon son caprice ou son intention de nuire, il ne sera passible que de l'indemnité simple : on veut qu'elle soit double si la propriété de la surface est indirectement atteinte par des travaux exécutés

au fond d'une mine, dont l'emplacement et la marche ne dépendent pas même de la volonté de celui qui les dirige, mais de l'allure des filons ou des couches et des nécessités de l'exploitation.

» Si un malfaiteur incendie une maison, il sera puni comme incendiaire; mais, s'il est solvable, il ne devra, au propriétaire incendié, que l'exacte réparation du dommage; on veut que celui-ci en reçoive le double s'il a affaire à un exploitant de mine, et si le feu, ou tout autre accident arrivé à la surface, est le résultat d'une explosion de gaz.

» On pourrait multiplier ces exemples et ces contrastes : on serait surpris de trouver partout, au lieu de l'encouragement, la menace; au lieu d'un régime de faveur pour les mines, qui était dans la pensée du législateur, une sorte de privilége contre elles! »

Nous ne pouvons en cette circonstance que joindre notre voix à celles que l'on vient d'entendre et réclamer pour nos exploitants une interprétation plus équitable des art. 43 et 44 de la loi des mines de 1810. Tout obstacle, quel qu'il soit, qui tend à entraver le développement de nos houillères doit être combattu, et celui que nous venons de signaler n'est pas compté parmi les moindres de ceux qui paralysent les efforts de nos exploitants. La divergence montrée par les tribunaux a porté les propriétaires de la surface à exagérer leurs prétentions, à faire même naître des procès, et les exploitants, incertains du résultat de pareilles discussions, se sont alors imposé une sorte de circonspection qui a été une entrave dans le développement normal de leurs travaux.

Puisque nous sommes sur le point délicat de la juste interprétation, au point de vue juridique, des articles de la loi des mines, nous ne saurions passer sous silence un jugement qui a été rendu en première instance par le tribunal correctionnel d'Alais, le 23 août dernier et confirmé en appel le 7 novembre suivant par la Cour impériale de Nismes. Ce jugement fixe d'une façon aussi nette que précise la position des directeurs de mines devant la loi, ainsi que le degré de responsabilité qui leur incombe, et nous avons pensé que nos lecteurs en recevraient volontiers connaissance.

Voici les faits tels qu'ils se trouvent relatés dans une note à la Cour pour M. Ferdinand Chalmeton, directeur des mines de Bességes, accusé de contravention à la loi et d'imprudence dans son service.

« Le 22 juillet dernier, une explosion de grisou se produisit dans un des chantiers des mines de Bességes. Cet accident fut déterminé par une série de fautes du maître mineur, Clément Robert, chargé de surveiller les travaux. Trois personnes furent légèrement atteintes, trois ont succombé aux suites de leurs blessures : Robert, cause imprudente du sinistre, et deux ouvriers boiseurs.

» Dès le lendemain matin, M. le président du tribunal d'Alais et M. le procureur impérial se transportèrent sur les lieux. Ces deux magistrats recueillirent la déclaration du dit Robert et de plusieurs témoins; ils se firent représenter les ordres de service de la Compagnie, ainsi que tous les registres, plans et documents propres à éclairer leur religion.

» Une instruction fut suivie; elle établit jusqu'à l'évidence que l'explosion était le résultat funeste de trois imprudences caractérisées, dont le malheureux Robert s'était rendu coupable.

» Mais M. l'ingénieur en chef des mines Meugy, indiqua que M. Chalmeton, directeur de la Compagnie de Bességes, aurait dû ne pas s'en rapporter à la surveillance de Robert.

» Ce fonctionnaire ajoutait qu'il y avait eu contravention au décret du 3 janvier 1813, faute par le directeur de la Compagnie d'avoir prévenu l'administration, en juin et juillet, des travaux effectués à cette double époque, dans le quartier des mines, théâtre de l'accident.

» Il s'agissait d'un point de droit. M. Chalmeton fut cité devant le tribunal correctionnel d'Alais, pour répondre à la double inculpation :

1° D'avoir contrevenu aux lois et décrets sur la matière, pour n'avoir pas avisé de certains travaux les ingénieurs de l'État;

2° De s'être associé par sa négligence à l'une des fautes de Robert.

» A l'audience du 23 août, les débats confirmèrent les renseignements de l'information. M. Meugy, qui l'avait expressément

reconnu dans sa déposition écrite, ne disconvint pas que les travaux ordonnés par M. Chalmeton n'eussent été parfaitement entendus, il persista néanmoins à le présenter comme responsable et comme ayant méconnu le décret de 1813 (1).

» ... Dans ce conflit, M. le procureur impérial préféra : il partagea le sentiment de M. l'ingénieur en chef; — avec une juste impartialité, le réquisitoire rendit témoignage, et de la distinction spéciale de la direction de Bességes, et de la sollicitude dévouée, paternelle que M. Chalmeton, directeur depuis vingt-et-un ans, a toujours eue pour les nombreux ouvriers travaillant sous ses ordres; — mais il conclut à une condamnation.

« Le Tribunal acquitta.

« Les motifs du jugement posent magistralement les vrais principes; ils les appliquent aux faits; ils ne se bornent pas à constater le doute; ils sont la justification complète de M. Chalmeton. »

Voici les principaux de ces considérants :

« En ce qui touche la prétendue contravention :

» Attendu que les art. 8 et 9 du décret du 3 janvier 1813, n'imposent aux exploitants l'obligation de prévenir l'autorité que lorsqu'ils veulent abandonner l'exploitation d'une manière définitive;

---

(1) Les articles 8 et 9 de ce décret, siége de la difficulté, sont ainsi conçus :

Art. 8. Il est défendu à tout propriétaire d'abandonner en totalité une exploitation, si auparavant elle n'a pas été visitée par l'ingénieur des mines;

Les plans intérieurs seront visités par lui; il en dressera procès-verbal, par lequel il fera connaître les causes qui peuvent nécessiter l'abandon.

Le tout sera transmis par lui, ainsi que son avis, au préfet du département.

Art. 9. Lorsque l'exploitation sera de nature à être abandonnée par portion ou étage, et à des époques différentes, il y sera procédé successivement et de la manière sus-indiquée.

Dans les deux cas, le préfet ordonnera les dispositions de police, de sûreté et de conservation qu'il jugera convenables, d'après l'avis de l'ingénieur des mines

» Attendu, en effet, que, dans l'hypothèse d'un abandon définitif, il importe que l'état de la mine soit préalablement constaté, afin que, si plus tard il arrive qu'on vienne à reprendre les travaux, on puisse, malgré les bouleversements du sol, retrouver la direction et connaître l'avancement de l'exploitation ancienne; mais que, ni le texte, ni l'esprit du décret ne s'appliquent à l'isolement provisoire d'une fraction de chantier, pour cause d'agglomération du grisou ;

» Attendu que, pour le cas spécial, où le premier besoin est de veiller sans retard à la sécurité des ouvriers, la règle de conduite des exploitants est définitive et tracée par l'article 2 de l'arrêté préfectoral du 3 novembre 1854 (1);

» Attendu que les motifs qui viennent d'être déduits répugnent à ce que les exploitants soient tenus, sous peine de

---

(1) Cet arrêté du préfet d'Alais prévoit littéralement et réglemente l'espèce à juger.

Il y est dit :

Art. 1er. Les concessionnaires de mines de houille du Gard sont mis en demeure de fermer, chacun en ce qui le concerne, soit au moyen de planches espacées de 20 centimètres, solidement fixées sur le montant d'un cadre, soit au moyen d'une grille en fer ou en bois dont les barreaux seront espacés de 20 centimètres, l'entrée des galeries et chantiers abandonnés ou interdits pour cause de gaz.

Art. 2. Toutes les fois que, dans une mine de houille, les directeurs ou maîtres mineurs auront reconnu qu'un chantier ou une galerie doit être abandonné momentanément et interdit pour cause de trop grande abondance de gaz inflammable, l'entrée du chantier ou de la galerie sera immédiatement fermée suivant le mode prescrit par l'article précédent.

Art. 3. Ces fermetures seront maintenues jusqu'à ce que les circonstances de l'exploitation permettent de rentrer sans danger dans le chantier, après qu'une visite préalable du directeur de l'exploitation ou du maître-mineur aura constaté l'absence du gaz.

M. Chalmeton avait fait mieux que de fermer ses chantiers sujets au grisou par des cloisons en bois ou en fer; il avait construit un barrage en maçonnerie pour les isoler complètement. Le maître-mineur Robert fut seul coupable d'imprudence, en rentrant trop précipitamment dans le chantier qu'il allait reprendre.

contravention, de prévenir les ingénieurs de l'Etat, lors de la reprise des travaux dans un chantier qui avait été momentanément isolé;

« Attendu que l'art. 3 du dit arrêté préfectoral détermine les seules précautions à prendre en pareil cas...

» ... En ce qui touche la question d'homicide par imprudence;

» Attendu qu'il convient avant tout de préciser la part de responsabilité qui pèse sur les diverses personnes concourant à l'exploitation des mines;

» Attendu qu'à l'ingénieur appartient la conception des plans à suivre et la transmission aux contre-maîtres des ordres d'exécution;

» Que sa responsabilité serait engagée par des accidents provenant soit de plans mal conçus ou incomplets, soit de l'insuffisance des ordres d'exécution donnés aux contre-maîtres;

» Attendu que ces derniers ont pour devoir de faire exécuter les plans que l'ingénieur leur a expliqués, comme à son tour l'ouvrier est tenu de se conformer à ce que lui prescrivent les contre-maîtres;

» Attendu que l'ingénieur ne pourrait être taxé d'imprudence ni déclaré responsable à suite des faits d'un contre-maître, que s'il avait confié ces fonctions à un agent reconnu malhabile...

» ... Par ces motifs, etc. »

Appel de ce jugement a été relevé par M. le procureur impérial, mais la Cour de Nismes, par son arrêt du 7 novembre 1861, adoptant les motifs des premiers juges, a confirmé le jugement rendu par le tribunal correctionnel d'Alais.

Appel alors a été fait par M. le procureur-général devant la cour de cassation auprès de laquelle cette affaire est encore en instance. Nous ne doutons pas que la cour souveraine ne rejette le pourvoi du parquet de Nismes et ne confirme ainsi l'arrêt déjà rendu (1).

On comprend aisément quel puissant intérêt ont tous nos directeurs de mines à ce que la jurisprudence qui a prévalu

(1) Ces lignes étaient écrites, quand nous avons eu le plaisir d'apprendre que, dans la séance du 26 avril dernier, la chambre criminelle de la Cour de

soit définitivement adoptée. Si pour le moindre travail nouveau, pour le moindre changement apporté dans la conduite d'une mine, il fallait prévenir l'administration, tout le corps impérial des ingénieurs ne suffirait pas à ce service, et personne au monde ne consentirait à accepter une direction de travaux. La position ne serait tenable ni dans un cas ni dans l'autre, et l'administration pèse déjà bien assez sur les exploitants pour chercher à étendre encore son action sur eux. Ne l'a-t-on pas déjà bien des fois fait remarquer? L'intervention administrative, si regrettable dans les opérations privées, se fait sentir d'une manière très-fâcheuse dans l'exploitation de nos mines, et sur bien des points tend à aigrir les relations entre les exploitants et les ingénieurs de l'Etat, au lieu de les maintenir faciles et agréables comme elles devaient être toujours. L'ingénieur des mines du gouvernement et le directeur technique d'une mine ont beaucoup à apprendre l'un de l'autre, et si le premier a la théorie, le second a la pratique qui souvent vaut mieux. Dans tous les cas, l'un et l'autre doivent vivre en bonne intelligence, et combien de fois cependant ces bonnes relations sont troublées. Nous savons que beaucoup d'ingénieurs des mines, hommes éminents par dessus tout, savent adoucir vis-à-vis des exploitants ce qu'une continuelle intervention pourrait avoir de désobligeant pour eux; mais dans bien des cas les textes sont trop précis pour qu'on passe outre. Les décrets de concession, dont le projet est rédigé par l'administration des mines, ne prescrivent-ils pas aux concessionnaires l'emploi de telle ou telle méthode d'exploitation, sans s'inquiéter souvent de l'allure d'un gite qu'on connait à peine ou des exigences des travaux? Ne conteste-t-on pas à l'exploitant, sous prétexte d'assurer la régularité de la production, le droit de fermer ou d'ouvrir un puits à sa volonté? N'exerce-t-on pas enfin une intervention minutieuse jusque sur les plus infimes détails de son matériel? Aucune industrie

---

cassation, présidée par M. Vaïsse, avait rejeté le pourvoi du procureur-général de Nismes, et confirmé sur tous les points la jurisprudence établie par les décisions du tribunal d'Alais et de la Cour de Nismes.

ne souffre comme l'exploitation des mines de cette surveillance souvent jalouse, toujours active, de l'administration. Sans doute l'État prétend ainsi régulariser chez les exploitants l'exercice d'une propriété dont il a souvent privé le légitime possesseur, pour en donner l'investiture à celui qui, jusqu'alors, n'y avait eu aucun droit. Mais ces précautions de l'État étaient bonnes lors de la promulgation de la loi des mines, alors que le pays n'était pas encore préparé aux opérations industrielles, que l'art des mines était encore pour ainsi dire dans l'enfance, et qu'il était indispensable de réglementer l'exploitation de nos richesses minérales; mais aujourd'hui la science s'est faite : on connaît l'art d'aménager les gîtes, et l'indépendance de l'exploitant est devenue l'une des conditions essentielles de la production à bon marché. « En Angleterre, dit M. Am. Burat, que l'on ne saurait trop citer sur de tels sujets, la liberté complète de l'exploitant a produit des résultats merveilleux. La législation anglaise a admis en effet que, pour toutes les exploitations, l'intérêt particulier se confond avec l'intérêt public; elle n'a point créé d'administration spéciale des mines chargée d'une surveillance qui est trop souvent une entrave; elle n'a point créé de redevances proportionnelles; en un mot, elle a confondu la propriété minière avec la propriété foncière, afin d'en mieux garantir l'indépendance.

» La législation anglaise n'a pas été adoptée sur le continent, où chaque pays a ses lois particulières, lois qui sont toutes basées sur ce que l'État est le propriétaire des mines et que c'est à lui d'en disposer.

» S'il est permis de juger le mérite des législations en comparant leurs résultats, certes ce ne serait ni en France, ni en Allemagne, ni en Autriche, ni en Russie que l'on serait tenté d'en chercher un modèle : les exploitations anglaises dominent tellement celles du continent sous tous les rapports qu'on pourrait présenter sa législation comme la seule rationnelle et utile (1). »

---

(1) *Situation de l'industrie houillère en 1859.*

On objectera peut-être à M. Burat qu'en Angleterre la loi qui regarde le propriétaire de la surface comme propriétaire du sous-sol n'est pas défavorable à l'exploitation des mines, parce que les propriétaires anglais sont possesseurs de très-grandes surfaces, ce qui n'existe pas chez nous, où les propriétés territoriales sont si morcelées. A cela on peut répondre que les grandes surfaces ne sont pas forcément nécessaires à l'exploitation des mines, témoin ce qui se passe en Espagne et dans toute l'Amérique espagnole où les concessions, réduites à de simples périmètres géométriques d'une très-minime étendue, n'en sont pas moins activement exploitées : c'est même sous l'effet de cette mesure que l'Espagne a dû de se réveiller enfin de sa longue léthargie industrielle, et c'est pareillement à l'adoption de principes semblables que les mines des colonies espagnoles ont dû d'être fouillées avec tant d'ardeur par les premiers immigrants, et le sont aujourd'hui encore par tous ces *rebuscadores* et *cateadores* qui s'enfoncent dans les montagnes et en reviennent souvent avec des minerais d'argent massif, dont le gîte reste leur propriété.

On ne saurait non plus objecter contre la loi des mines anglaise, si loi il y a, que cette loi ne favorise pas l'exploitation et que par l'adoption de tels réglements une partie de nos richesses minérales demeurerait inexploitée. Non, car l'intérêt privé est meilleur juge en cela que qui que ce soit, et les mines seront toujours fouillées là où des bénéfices certains seront assurés à leur exploitation.

Dans tous les cas, quelles que soient les mesures adoptées par un État pour réglementer l'exploitation de ses mines, ces mesures doivent toujours être très-libérales, très-favorables aux industriels, jamais restrictives ni limitant la liberté des exploitants. L'intervention de l'Etat doit être très-rare et pour ainsi dire ne jamais se faire sentir. En veut-on des preuves? En Autriche, d'après un relevé statistique de M. Callon, ingénieur en chef et professeur à l'école impériale des mines de Paris, l'extraction des combustibles a augmenté dans ces dernières années de 50 pour cent et le prix de vente diminué en même temps dans le rapport de 10 à 7. « C'est là un progrès

d'autant plus digne de remarque, dit le savant ingénieur, qu'il est dû exclusivement à l'industrie privée; car, dans la période considérée, l'extraction des combustibles minéraux a sensiblement diminué dans les mines impériales. Ce fait démontrerait une fois de plus, s'il en était besoin, que dans le domaine de l'industrie l'intervention administrative ne saurait être équivalente à l'action individuelle stimulée par l'intérêt privé. (1). »

Ainsi les ingénieurs des mines eux-mêmes conviennent que l'Etat fait fausse route en surveillant de trop près les exploitants et en les tenant en tutelle. Tout le monde comprend aujourd'hui que l'intérêt privé est le levier le plus puissant de l'industrie, tout le monde hormis le gouvernement qui met si longtemps à apporter à notre loi des mines les réformes radicales qu'elle réclame.

IV.

CONCLUSION.

En résumé, et comme conclusion de cet article, qu'avons-nous prouvé?

Au point de vue économique, nous croyons avoir démontré que deux choses sont indispensables en France pour le développement normal de nos exploitations : 1° Le rachat de tous les canaux par l'État, l'amélioration du régime hydraulique de tous nos cours d'eau et la suppression des droits de navigation; 2° l'abaissement du prix de transport des houilles sur tous les chemins de fer et l'achèvement de notre réseau.

Au point de vue administratif, nous avons indiqué tout ce qui restait à faire pour rendre l'impôt des redevances aussi peu onéreux que possible, et nous avons en même temps établi tout l'intérêt qu'il y aurait pour nos houillères à jouir, comme avant le décret du 24 octobre 1852, du droit de réunir des con-

---

(1) *Annales des mines*, 1861.

cessions limitrophes pour les exploiter simultanément. Quelques simplifications possibles ont été indiquées en ce qui concerne l'instruction des demandes en concession : sujet que nous n'avons fait qu'effleurer et sur lequel nous reviendrons.

La partie juridique de cette étude a porté principalement sur deux points. Le premier démontre la nécessité de bien établir la différence entre le réglement des dommages causés aux propriétaires de la surface par les travaux souterrains ou par les travaux extérieurs, dommages payés au double dans le second cas, et à leur simple valeur dans le premier. La jurisprudence qui tendrait à prévaloir consisterait au contraire à faire payer dans les deux cas les dommages au double, ce qui ne saurait être accepté.

Le second point que nous avons étudié dans notre revue juridique a été celui de la responsabilité des directeurs de mines, singulièrement aggravée par le ministère public dans un procès récent où les tribunaux ont heureusement donné gain de cause aux exploitants; mais ce procès est toujours pendant et en ce moment en instance devant la Cour de cassation. Nous devons faire des vœux pour que le jugement du tribunal correctionnel d'Alais, confirmé par la Cour de Nismes, soit maintenu (1).

Tels sont les principaux faits sur lesquels a porté l'ensemble de ce premier article. Nous remercions M. Noblet de l'honneur qu'il a bien voulu nous faire en nous appelant à collaborer à la *Revue*. Nous remercions également tous les lecteurs que cette étude a pu intéresser et qui nous ont suivi jusqu'au bout. Notre plus vif désir est de défendre les intérêts des exploitants de mines et des propriétaires d'usines métallurgiques, et, pour arriver à ce but, nous croyons que le meilleur moyen est de demander à l'Etat la plus grande somme de libertés possible. La protection semble avoir fait son temps; le moment est venu de la liberté industrielle et commerciale. Il faut seulement donner à nos exploitants les mêmes faveurs, les mêmes avantages, les mêmes franchises dont jouissent les pays voisins. La

(1) On a pu voir plus haut que ces vœux ont été heureusement exaucés.

protection de l'État, si on la comprend de cette façon, sera très-certainement efficace ; de plus, la lutte étant devenue égale pour tous, il est probable que nous n'y succomberons pas. Pour nous, nous ne saurions choisir de meilleure devise que celle que nous avons mise en tête de cette étude, et nous dirons à tous ceux que les matières que nous avons à traiter peuvent intéresser, de nous suivre, ou plutôt de nous guider et de nous conseiller. Que cette première ébauche soit accueillie avec indulgence. Le sujet à élucider est vaste ; que chacun apporte sa pierre à l'édifice qui se prépare ; qu'il n'y ait pas un soldat perdu qui combatte, mais un bataillon nombreux et serré, et l'on obtiendra bien vite quelque chose en demandant avec instance. Les intérêts de nos exploitants, de nos métallurgistes, de tous nos industriels en un mot, sont trop précieux pour que le triomphe ne leur soit pas assuré.

La *Revue universelle* l'a fort bien compris en ouvrant si généreusement ses pages à la série d'articles que nous nous proposons d'y publier.

Si la campagne dont nous venons de parcourir aujourd'hui la première étape réussit et nous mène à bien, c'est à l'intelligent éditeur et à la direction de ce recueil que reviendra une bonne part du succès.

L. S.

Paris, 22 avril 1862.

REVUE

DES

SOCIÉTÉS SAVANTES DE FRANCE

ET

DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE,

PAR

M. ANDRÉ BOUCARD,

INGÉNIEUR CIVIL.

DÉCOUVERTES DE MM. KIRCHHOFF ET BUNSEN (1).

Un bond immense vient d'être fait dans les sciences, grâce aux travaux de deux savants allemands. Les astronomes mesuraient les astres, les pesaient, suivaient leurs routes dans l'espace infini ; un jour peut-être ils connaîtront leur constitution chimique comme ils connaissent celle de l'écorce terrestre. La physique et la chimie, la minéralogie, la métallurgie et d'autres sciences encore, se trouvent rajeunies et transformées. Nul ne peut dire où conduira la découverte de MM. Kirchhoff et Bunsen. Mais, dès à présent, un fait colossal en jaillit : il existe dans le soleil des substances qui se trouvent dans notre terre. Il est permis d'entrevoir l'unité chimique de notre système planétaire jusqu'à ce qu'elle soit tout-à-fait démontrée.

---

(1) Dans un article publié dans le N° précédent, M. F. Dewalque, répétiteur à l'École des mines de Liége, a présenté une étude du plus haut intérêt sur l'analyse spectroscopique.

La chimie peut analyser les corps à distance, pourvu qu'elle les voie, à l'état de vapeur, en ignition, tels qu'ils se trouvent dans l'ardente atmosphère du soleil. C'est ainsi qu'en comparant cette lumière, source de la vie, à nos flammes artificielles, dans lesquelles nous pouvons, à volonté, répandre à l'état de vapeur toutes les substances volatiles que nous connaissons, l'astronome, le physicien, le chimiste, le philosophe, parviennent à voir que, de même que la terre, le soleil renferme du fer, du calcium, du sodium, du potassium, du strontium, du barium, du chrome, du cuivre, du nickel, du zinc, du cæsium et du rubidium. On n'est point encore arrivé à y distinguer l'or, l'argent, le mercure, l'étain, le plomb, l'antimoine, l'arsenic, le silicium, l'aluminium.

Essayons de résumer les travaux qui ont amené ces découvertes.

Newton est le premier qui ait trouvé les conditions et la loi générale de la décomposition de la lumière du soleil en une infinité de nuances des sept couleurs de l'ac-en-ciel et du spectre solaire.

Vers 1814, Frauenhofer, un savant allemand, examinant le spectre avec des instruments grossissant, distingua parmi ses zones colorées des lignes noires occupant des positions relatives invariables, qu'il désigna par les lettres de l'alphabet. Muni d'appareils encore plus délicats, un physicien anglais, sir David Brewster, en 1860, discerna plus de lignes obscures que Frauenhofer et il les représenta par un dessin. Puis M. Kirchhoff, augmentant la délicatesse des instruments, parvint à voir des *milliers* de raies noires dans le spectre.

Comment interpréter ces lignes noires? Pourquoi ces interruptions dans la série des couleurs du rayon décomposé? La lumière émanée du soleil n'arrive-t-elle à nos yeux qu'après avoir subi une déperdition, soit au point de départ, soit dans la traversée de notre atmosphère? Cette dernière conjecture a été confirmée par sir Brewster, qui a reconnu, le premier, que lorsque le soleil est vu à l'horizon, il apparait dans le spectre de nouvelles raies noires parfaitement distinctes des raies normales invariables, quel que soit le point de vue solaire. Si les

nouvelles raies supplémentaires sont dues à une absorption par l'atmosphère terrestre, les lignes normales ne peuvent être attribuées qu'à une absorption dans le soleil. Cette opinion, présentée en 1847, par M. A. Mathiessen, a été, depuis, adoptée par MM. Brewster et Gladstone. Mais comment en vérifier la justesse? Par l'étude des spectres produits par des flammes artificielles, dont on peut varier facilement la composition en y introduisant des substances qui s'y volatilisent. Or, l'examen de ces flammes a révélé le fait qui n'avait pas échappé à l'observation de Frauenhofer, que la présence de certaines matières dans la flamme produisait, dans leur spectre, des bandes colorées brillantes spéciales se détachant du fond général des couleurs primitives ordinaires. Brewster, Miller, Schwann analysèrent ainsi, par l'optique, les flammes de lampes à alcool contenant en dissolution différents sels. Dès que le liquide brûlé renferme une minime proportion de sodium, une raie jaune caractéristique apparaît dans le spectre. A chaque métal correspondent des raies de couleurs distinctes occupant des positions invariables. La physique dotait la chimie d'un moyen analytique d'une sensibilité inouïe. En voici un exemple frappant extrait d'une communication de M. Kirchhoff: « Nous avons fait détonner, dit le physicien, 3 milligrammes de chlorate de soude dans l'endroit de la salle le plus éloigné de l'appareil, tandis que nous observions le spectre de la flamme peu éclairante d'une lampe à gaz; la pièce dans laquelle l'expérience s'est faite, mesure environ 60 mètres cubes. Après quelques minutes, la flamme, se colorant en jaune fauve, présenta avec une grande intensité la raie caractéristique du sodium, et cette raie ne s'effaça complètement qu'après dix minutes. D'après la capacité de la salle et le poids du sel employé pour l'expérience, on trouve facilement que l'air ne contenait en suspension qu'un vingt-millionième de son poids de sodium. En admettant qu'une seconde suffise pour observer commodément la réaction, et que, pendant ce temps, la flamme emploie 50 centimètres cubes ou 0^{gr},647 d'air ne contenant qu'un vingt-millionième de milligramme de sel de soude. »

C'est par cette sensibilité de ce prodigieux moyen analytique

que MM. Kirchhoff et Bunsen découvrirent récemment deux nouveaux métaux, le *rubidium* et le *cæsium*, dans l'eau de Dürckheim; au premier appartient une certaine raie rouge; au second correspond une raie bleue.

En quelques instants, on peut apprendre à distinguer les raies correspondantes aux métaux que l'on introduit dans les flammes au moyen d'un fil de platine trempé dans les sels métalliques. M. Montefiore nous a dernièrement initié dans cette branche naissante de la chimie optique, en se servant d'un très-ingénieux appareil dû à un constructeur anglais. Nous avons de suite reconnu la raie jaune du sodium, la raie rouge pâle du potassium, puis les deux raies distinctives du calcium, l'une orangée, l'autre verte, ainsi que les deux raies jaune faible et rouge vif du lithium. Le strontium est décélé par huit raies, six rouges, une orange et une bleue; au baryum correspondent deux raies vertes, et ainsi de suite pour le fer, l'or et tous les métaux connus ou à connaître.

En 1849, M. Léon Foucault, physicien français du plus grand mérite, fit cette curieuse observation que, lorsqu'on regarde sur un spectre lumineux, la raie jaune du sodium, cette raie devient obscure dès qu'on éclaire vivement par les rayons solaires, la lumière artificielle dans laquelle le sodium était en suspension. M. Kirchhoff n'avait pas connaissance de la découverte de M. Foucault, lorsqu'il entreprit, avec M. Bunsen, la série d'expériences qui conduisirent à l'interprétation vraie du phénomène de chimie optique. Il vit que la raie brillante du sodium occupe, parmi les couleurs normales du spectre, la place exacte qu'occupe dans le spectre solaire, la raie D de Frauenhofer. En d'autres termes, la raie D n'est que la raie brillante *renversée* du sodium ou mieux *éteinte*. Or, MM. Kirchhoff et Bunsen ont successivement *éteint* les raies caractéristiques des spectres fournis par des flammes artificielles qui tenaient les métaux correspondants en suspension, et cela en faisant arriver dans la flamme les rayons d'une flamme plus ardente, ceux du soleil. Cela prouve, avec évidence, que les flammes artificielles, lorsqu'elles sont traversées par les rayons solaires, retiennent ou absorbent de préférence

les rayons qu'elles émettent elles-mêmes en plus grande quantité. Maintenant, le lien entre les raies brillantes des spectres artificiels et les raies obscures des spectres solaires est trouvé. En effet, ne pouvons-nous pas regarder le soleil comme constitué par un noyau qui est la source lumineuse, lequel est enveloppé d'une atmosphère? Or, cette atmosphère, qui est moins ardente que le noyau émissif, retiendra, absorbera de préférence les rayons semblables à ceux qu'elle émettrait en plus grande quantité, si elle était toute seule et que le noyau enveloppé n'existât pas. L'atmosphère solaire est au noyau du soleil ce qu'était tout à l'heure la flamme artificielle à la flamme plus vive des rayons solaires. L'atmosphère du soleil, si elle était seule à nous éclairer, fournirait un spectre traversé par des stries brillantes correspondant aux diverses substances qui y brûlent. Le foyer plus ardent du globe solaire *renverse*, *éteint* toutes ces stries et c'est ainsi que le spectre que nous imaginons est remplacé par le spectre que nous voyons réellement, c'est-à-dire un fond lumineux, composé des sept couleurs, traversé par les milliers de raies obscures. C'est pour ainsi dire l'épreuve renversée ou négative du spectre que donnerait l'atmosphère solaire, si elle agissait seule. Donc, si nous trouvons une raie obscure à la place relative qui appartient à la raie brillante jaune du sodium, nous pouvons affirmer que cette ligne caractéristique brillante se trouverait dans le spectre de l'atmosphère solaire, ou que le sodium se trouve en ignition dans cette atmosphère. Toutes les raies obscures du spectre solaire prouvent les raies inverses brillantes du spectre de l'atmosphère solaire, lesquelles révèlent l'ignition des corps simples particuliers dans cette atmosphère. C'est ainsi que par la comparaison minutieuse entre les raies noires du spectre solaire et les raies brillantes diversement colorées qui leur correspondent comme positives dans les spectres des flammes artificielles brûlant les corps simples connus sur la terre, on est arrivé à la preuve de l'existence dans le soleil de plusieurs de ces mêmes substances terrestres.

Il y aurait de profondes déductions à tirer de ce simple fait, pour arriver à une conception générale de la constitution de

notre système planétaire, mais cela n'est plus de notre compétence ni du domaine de cette Revue. Nous renvoyons les amateurs de ces recherches spéculatives au remarquable article qu'a publié dernièrement M. Auguste Laugel, de l'Académie des sciences, dans un des derniers numéros de la *Revue des Deux-Mondes* (1).

THÉORIE DES FILONS.

Nous avons parlé, l'année dernière (2), des observations faites par M. J. Fournet, sur l'abus des expériences chimiques en géologie, et nous avons mentionné la remarque à laquelle elles ont donné lieu, de la part de M. Elie de Beaumont, à propos des objections que l'on peut élever contre la théorie des filons métallifères par injection d'une matière fondue. M. J. Fournet revient sur cette importante question pour écarter les trois principales difficultés qui s'opposent à l'adoption de la théorie par voie ignée.

La première difficulté réside dans le rubannement de certains filons, lequel paraît se concilier avec l'idée de leur remplissage par des incrustations successives. La seconde résulte de la co-existence du quartz et d'un carbonate tel que celui du fer. La troisième est appuyée sur certains fluides expansibles contenus dans les cristaux de quartz dit guttifères.

1° A l'égard du *rubannement*, M. J. Fournet fait observer que la disposition qui le constitue n'est jamais assez continue, assez régulière, assez générale pour pouvoir servir de base à une théorie. Les diverses matières injectées simultanément dans les fentes montrent à l'œil leur brouillage, leur confusion; elles s'entrecroisent à l'infini, affectant les dispositions les plus variées, tantôt porphyroïdes, glanduleuses, tantôt marbrées. Les partisans de la formation par incrustations successives

(1) Une analyse du soleil par la chimie, d'après les nouvelles découvertes de MM. Kirchhoff et Bunsen, 15 janvier 1862.

(2) 5e année, page 479.

produites par les sources ou par les vapeurs, ne tiennent pas assez compte de ces dispositions multiples.

Un gros échantillon de quartz de la vallée de Brevenne a été admiré et interprété dans la réunion géologique qui s'est tenue à Lyon, en 1859. Au premier aspect, on trouve le rubannement parfait, formé par des zônes jaspiques rouges, alternant avec des zônes blanches, hyalines ou opaques. La régularité des superpositions en fait un beau type à invoquer en faveur du remplissage par concrétions successives. Mais un œil scrutateur et exercé y découvre la preuve d'une formation tout opposée. En effet, il ne tarde pas à voir que d'une zône rouge se détachent des filets qui traversent les zônes blanches intermédiaires et que, réciproquement, d'une zône blanche partent d'autres filets qui croisent les zônes rouges. Où trouver alors la priorité à l'égard de l'ordre des incrustations? Il faut se résoudre à conclure que tout est contemporain ici.

M. de Weissenbach, qui a publié une suite de dessins au sujet des rubannements, tout en admettant une succession dans le dépôt des diverses matières des filons, ne conteste pas que la régularité est souvent troublée. D'un autre côté, M. Freiesleben, en s'élevant contre l'interprétation exagérée du rubannement, a constaté que, de tous les filons connus en Saxe, un seul satisfait dans toute son étendue à la loi du rubannement, ce qui ne peut servir de point de départ à une loi générale.

2° Coexistence du quartz et d'un carbonate de fer. M. J. Fournet attribue la possibilité du fait à l'influence de la pression qui, maintenant en place l'acide carbonique, oppose à la silice un acide plus puissant, ce qui fait que la décomposition du carbonate ne peut plus avoir lieu. Une expérience de M. Petzholdt, en 1846, a confirmé cette opinion. Voici, de plus, les réflexions de Berzélius sur cette question, réflexions qui ont un grand poids, émanant d'un tel homme : « Je n'accepte pas les assertions des neptunistes. Ils disent que, lorsqu'on traite à chaud du calcaire avec du quartz ou autres minéraux siliceux, les derniers sont attaqués, parce que, à une haute température, l'acide silicique est plus énergique que l'acide carbonique, tandis qu'au contraire, on trouve dans le calcaire grenu du

quartz, du feldspath, du mica, du grenat, de la paranthine, et cette association doit être, dit-on, une démonstration irréfragable contre le point de vue plutonique. Cependant, j'observe, qu'à la pression ordinaire de l'atmosphère, l'acide carbonique se dégage du calcaire, en vertu de sa tension, qu'il y ait silice ou non en présence et qu'alors, la base devenue libre, s'unissant à la silice, on peut séparer les autres bases plus faibles. Mais si l'acide carbonique est sans tension, il ne déplacera pas l'acide silicique; le calcaire fondra avec lui sous une forte pression. Dans le cas seulement où la tension de l'acide carbonique sera surmontée, l'acide silicique et les silicates se comporteront au feu, avec les carbonates, de la même manière que par la voie humide. »

3° Reste l'objection des quartz guttifères. On sait que ce sont les travaux de Brewster qui éclairèrent ce phénomène. A l'aide du microscope, Brewster constata l'existence de liquides très-curieux contenus dans les bullosités des topazes, cymophanes, améthystes. Ces cavités affectent les formes les plus diverses, elles sont souvent tellement ténues que 80,000 d'entre elles se trouvent accumulées dans une lame de topaze de 1/7 de pouce carré. La même bulle contient parfois deux liquides distincts, l'un surnageant l'autre. Les liquides expansibles sont plus volatils que l'éther, ils sont susceptibles de se modifier et même de se dessécher en laissant une croûte résineuse. Il arrive aussi qu'il entre dans la composition du liquide de l'eau, du pétrole ou du gaz; enfin, certaines parties, qui paraissent être gazeuses, sont vertes par réflexions et rouges par transparence. Des fines gouttelettes de M. Brewster aux cristaux juttifères, il n'y a qu'un grossissement; H. Davy (1) se posa la question au point de vue géologique; ses considérations générales sur le neptunisme et le plutonisme, appuyées sur des expériences extrêmement ingénieuses, l'amenèrent à conclure que les arguments des partisans de la théorie de Werner manquent de force, leurs spéculations n'ayant pas assez tenu compte des lois des attrac-

(1) *Annales de chimie et de physique*, 1823.

tions chimiques. Si le phénomène des gouttelettes fluides s'est passé sous une température et sous une pression peu différentes de celles de notre atmosphère, les liquides y occuperont le même espace, et les gaz, en les supposant non absorbables, y existeront au même degré de tension qu'au moment de leur introduction dans les vacuoles. Au contraire, si la température qui régnait au moment de l'introduction était très-supérieure à celle qui est actuellement, on devra trouver, dans les cavités, un vide dû à la contraction du liquide, et les gaz devront être raréfiés. Toutefois, en admettant une très-haute température au moment du phénomène, il faut aussi supposer que l'atmosphère de vapeur aqueuse avait une plus grande pression que de nos jours. Le volume du fluide a donc pu être modifié au moment de son introduction. De là, l'impossibilité de tirer une conclusion précise et absolue des expériences, mais on devra en espérer, du moins, d'intéressantes lumières.

M. H. Davy fit forer ses cristaux avec des pointes de diamant, en travaillant sous l'eau distillée, sous l'huile ou sous le mercure. Les gaz furent dégagés au moyen de fils introduits dans les cavités, les liquides étaient extraits à l'aide de tubes capillaires. On s'était assuré à l'avance de l'imperméabilité des cellules à l'air et à l'eau, et leurs volumes avaient été relevés avec soin.

Parmi les nombreuses investigations auxquelles s'est livré le savant anglais, nous citerons les principales :

1° Trois cristaux de quartz de Schemnitz laissèrent le liquide extérieur se précipiter dans la cavité, et le globule gazeux se contracta dans la proportion de 5 à 3. Le gaz parut être de l'azote pur, et le liquide propre au minéral était de l'eau presque pure, ne contenant que des traces de sulfates alcalins.

2° Un cristal, supposé de Guanaxuato, fournit une quantité minime d'eau qui ne produisit que des nuages à peine sensibles avec les sels d'argent et le chlorure de barium. Le volume de gaz se réduisit de 0m,009 à 0m,001 en diamètre.

3° Un cristal de la Gardette renfermait un liquide brun et visqueux, d'une consistance et d'une apparence analogue à celle de l'huile de lin. Il se figeait et devenait opaque à 13°,5.

Le gaz de la même cavité parut être la vapeur de ce liquide. L'eau extérieure s'élança instantanément dans la cavité qu'elle remplit. Elle devint blanche et trouble, sous l'influence sans doute de la substance huileuse qui surnageait. Cette eau dégageait une odeur semblable à celle de l'huile de Naphte.

4° Dans un quartz que l'on croit provenir de la province de Minas-Géraés, le liquide était de l'eau, le gaz qui l'accompagnait ne put être déterminé. Mais il était plutôt comprimé que dilaté, puisque, au moment de sa sortie, il se détendit de dix à douze fois son volume primitif.

De ces expériences, M. H. Davy conclut que, si les cristaux de Minas-Géraés ont une origine ignée, ils ont dû être formés sous une immense pression, capable de contrebalancer la dilatation produite par la chaleur. Quant au quartz de la Gardette, le vide si parfait d'une cavité renfermant une substance expansible, mais peu volatile, le porta à le considérer comme favorable à l'opinion d'une origine ignée du filon auquel il a appartenu.

M. Knox, qui s'est livré à une longue série de recherches sur les substances bitumineuses contenues dans les minéraux et dans les roches, a déclaré que les résultats obtenus par M. H. Davy fournissent de puissants arguments en faveur du système plutonique.

De son côté, M. Fournet, en étudiant les filons, porta son attention sur l'examen de la question; il reconnut que les filons dans lesquels il rencontra des cristaux guttifères sont liés à des émissions récentes de serpentines avec leurs protogines, leurs diorites et celles des granites ilvaïques, qui durent suivre de près en servant pour ainsi dire de raccordement avec les trachytes. Dans ce sens, les quartz guttifères de la Hongrie, de la Toscane, de l'île d'Elbe et des Alpes, appartiendraient à une époque caractérisée par l'abondance des bitumes si manifestes dans les serpentines, dans les obsidiennes et leurs annexes. Mais, sans s'arrêter à ces présomptions, il convient de faire intervenir les observations détaillées sur les filons. Celui de la Gardette, par exemple, dans les cristaux guttifères, duquel Davy a reconnu le caractère plutonique, et qui a été signalé par

les partisans de Werner comme type de rubannement et d'incrustations successives, ce filon, visité en 1841, par M. J. Fournet, permit à ce géologue de certifier que les bandes individuelles, loin d'être continues, sont bientôt interrompues et fondues dans la masse des bandes voisines. De là, ne peut-on pas, sans raison, conclure avec M. J. Fournet, que tout se réduit à des effets de froissements et de laminages. La cristallisation subséquente du quartz visqueux a fait le reste, et les brèches qu'il contient se sont opposées au passage des rayures.

Il en est de même du gîte important de Campiglia, en Toscane, si bien étudié par notre éminent collaborateur et maître, M. Amédée Burat. M. Élie de Beaumont lui-même, en mentionnant les observations de M. Burat, a déclaré que : « Ces filons cuprifères et plombifères se sont formés par suite de phénomènes éruptifs opérés au milieu de roches calcaires. Là, les matières éruptives pénétrèrent dans les roches calcaires, en remplirent les fentes, se sont combinés avec elles, ont donné naissance à des minéraux particuliers, par exemple, à de l'yénite, qui est un silicate de chaux et de fer. On trouve, en outre, dans les mêmes filons, de l'amphibole vert, cristallisé en groupes radiés, avec la pyrite cuivreuse au centre. On voit donc très-bien que ces filons ont été formés dans des circonstances propres à la production des silicates. L'yénite et l'amphibole, en se formant, par la combinaison des matières siliceuses et ferrugineuses des roches éruptives qui renfermaient la silice et l'oxyde de fer nécessaire, avec les roches calcaires, ont constitué naturellement des bandes grossièrement parallèles, de manière que, par exception, on retrouve la disposition en bandes parallèles qui caractérise les filons d'incrustation (1). »

Ainsi, les gîtes de Campiglia sont attribués par M. Elie de Beaumont, aussi bien que par M. Amédée Burat et par M. J. Fournet, à l'origine ignée. De plus, M. Coquard, qui est chargé de la direction de l'exploitation, y a trouvé des cristaux guttifères qui n'infirment en rien l'origine plutonique. L'ensemble des sulfures et des gangues de l'amas, devait contenir à l'origine,

---

(1) *Bulletin géologique*, émanations volcaniques et métallifères, 1847.

en dissolution ignée, un excès de silice avec quelques molécules d'eau et de bitume qui ont été éliminées ou refoulées dans les vacuoles par les effets postérieurs de la cristallisation. Tout le liquide n'a pas été exprimé de cette façon, il en est resté assez dans l'yénite pour donner lieu à une observation de Berzélius, à savoir que ce minéral donne, au matras, une eau non acide, dont la présence paraît devoir être attribuée à une coercition mécanique, son absence ne produisant aucune altération sensible dans l'aspect de la substance (1).

M. J. Fournet fait remarquer, d'ailleurs, qu'il n'est pas plus étonnant de voir un liquide volatil persister au sein de quartz et de silicates liquéfiés, que l'acide carbonique rester dans un carbonate calcaire également fondu.

INFLUENCE DE L'ESSENCE DE TÉRÉBENTHINE SUR LA SANTÉ DES PEINTRES ET DES PERSONNES QUI HABITENT UN APPARTEMENT NOUVELLEMENT PEINT.

M. Chevreul a analysé un mémoire dans lequel M. Leclaire traite, au point de vue de l'hygiène et sous un jour nouveau, une vieille question, celle de l'action des émanations de térébenthine sur la santé.

Les expériences auxquelles M. Leclaire s'est livré sur des animaux qu'il a placés dans des boîtes de sapin d'une contenance de un mètre cube et dont les parois intérieures avaient été peintes à la céruse ou au blanc de zinc délayés avec l'essence de térébenthine, a déduit les faits suivants :

1° Les animaux n'ont pas souffert sensiblement lorsqu'il y avait un courant d'air dans les caisses ;

2° Les animaux ont souffert dans les premières douze heures, lorsque le courant d'air avait été supprimé ; mais ils se sont ensuite rétablis graduellement et aucun n'a succombé pendant les expériences.

---

(1) *Traité de Chalumeau*, Berzélius.

3° Aucun animal n'a souffert dans les boîtes après que la peinture a été sèche.

De là il résulte que les émanations de l'essence de térébenthine ne sont pas dangereuses dans les appartements bien ventilés ; que la peinture, une fois qu'elle est sèche, ne présente aucun danger, lors même qu'il n'existe pas de courant d'air dans l'appartement.

Ce qu'il y a à signaler dans les recherches de M. Leclaire c'est l'idée qu'il a eue de voir si l'eau distillée absorbe les vapeurs exhalées par la peinture à l'essence. Il a reconnu que l'absorption a lieu et qu'elle produit des cristallisations remarquables. Des cristallisations analogues se forment lorsque la peinture a été délayée avec l'essence de lavande ou de la benzine. Il n'y a aucune absorption lorsque la peinture est sèche, ce qui confirme l'observation d'innocuité faite sur les animaux.

Enfin, il a été reconnu que la dessiccation d'une peinture faite à la céruse ou au blanc de zinc délayés avec l'huile d'œillette additionnée d'huile de lin pure mêlée d'un peu d'huile manganésée, donnait lieu à un dégagement de vapeur qui, en se condensant dans l'eau, ont laissé, après l'évaporation, un liquide épais et coloré au sein duquel il se produit quelquefois des cristaux.

NOUVEAU PROCÉDÉ DE DOSAGE DU SOUFRE CONTENU DANS LES PYRITES DE FER ET DE CUIVRE.

L'emploi du soufre, dans l'industrie chimique, atteint en France jusqu'à 100,000 tonnes. Mais ce n'est plus, comme autrefois, exclusivement à la silice que la France demande son approvisionnement. Aujourd'hui, le soufre tend à être remplacé par la pyrite martiale ou par des pyrites ferrugineuses mélangées de sulfure de cuivre. Or, la composition de ces minéraux est extrêmement variable, et les transactions dont elles sont l'objet étant basées sur leur teneur en soufre, il est important de la doser exactement. — Les méthodes de dosage ordinaires appliquées aux sulfures métalliques sont bonnes, mais elles

sont beaucoup trop lentes. Elles consistent en général à traiter la matière par l'eau régale, à étendre d'eau la dissolution que l'on filtre et dont on précipite l'acide sulfurique par un sel de baryte. Le poids du sulfate de baryte précipité conduit à la proportion de soufre contenu.

M. J. Pelouze propose un procédé plus simple, plus rapide, qui ne demande de celui qui l'emploie qu'un peu de soin; au fond, l'analyse se réduit à une sorte d'essai alcalimétrique. Les fabricants d'acide sulfurique l'emploieront donc désormais.

Il est basé sur la propriété que possède le chlorate de potasse, en présence d'un carbonate alcalin, de transformer en acide sulfurique le soufre contenu dans les sulfures métalliques. Cette réaction, si elle est bien menée, est complète, la totalité du soufre passe à l'état d'acide sulfurique qui s'unit à la soude ou à la potasse. Pour ne pas courir le risque de perdre un peu d'acide sulfurique, il faut employer un petit excès de carbonate de soude. La neutralisation du carbonate de soude se fait en deux fois : d'abord par l'acide sulfurique formé aux dépens du soufre pendant la calcination du mélange, et ensuite, par l'acide sulfurique dissous dans l'eau et d'un titre quelconque, pourvu que ce titre soit connu.

L'acide normal qui se trouve dans tous les laboratoires est celui qu'il convient d'employer de préférence. On sait qu'il est tel que 10 grammes de carbonate de soude pur et sec sont exactement neutralisés par $92^{cc},4$ d'acide normal; ces nombres correspondent à des équivalents égaux de carbonate de soude (NaO, CO^2) et d'acide sulfurique monohydraté (SO^3,HO). Un litre d'acide normal contient 100 grammes d'acide monohydraté dans lequel le soufre entre pour 32,653. Admettons maintenant que, dans une analyse de pyrite, on ait employé 5 grammes de carbonate de soude; on sait qu'il eût fallu $46^{cc},20$ ou 92,40 demi-centimètres cubes d'acide normal pour les neutraliser directement, mais si, après la combustion de 1 gramme de pyrite, par exemple, on n'a besoin que de $30^{cc},20$ de l'acide, cela indique qu'il s'est formé, par l'oxydation du sulfure, une quantité d'acide sulfurique précisément égale à celle que contiennent 16 centimètres cubes d'acide normal, car 16 centimètres cubes

et $30^{cc},20$ forment bien $46^{cc},20$. Il ne reste donc plus qu'à chercher par le calcul combien il y a de soufre dans 16 centimètres cubes d'acide normal. Pour cela, on établit la proportion suivante :

$$1000^{cc} : 32,653 :: 16^{cc} : x$$
$$x = 0,522 \text{ de soufre.}$$

Ainsi, 1 gramme d'une telle pyrite contient $0^{gr},522$ de soufre, soit 52,2 pour 100.

Voici la description du procédé de M. J. Pelouze :

Supposons qu'il s'agisse d'analyser une pyrite de fer. On mêle exactement, dans un mortier de porcelaine, 1 gramme de pyrite porphyrisée, 5 grammes de carbonate de soude pur et sec, 7 grammes de chlorate de potasse, et 5 grammes de sel marin fondu et décrépité. On introduit ce mélange dans une cuiller à projection, et on l'expose graduellement, pendant huit ou dix minutes, à la température du rouge sombre. Le sel marin a pour but d'empêcher la combustion trop vive de la matière.

Lorsque le mélange est à peu près refroidi, on l'agite dans de l'eau distillée chaude : on enlève la dissolution au moyen d'une pipette et on filtre. Ce lavage est répété cinq ou six fois, et en dernier lieu on fait bouillir le résidu dans la cuiller même avec de l'eau. On la reçoit sur un filtre et on la lave encore à l'eau bouillante.

La dissolution et les eaux de lavage sont enfin neutralisées par l'acide sulfurique normal, sans modifier la méthode et les soins prescrits par Gay-Lussac.

S'il a fallu employer à la neutralisation 34 centimètres cubes d'acide normal par exemple, conformément à ce qui a été dit, on retranchera ce nombre de $46^{cc},20$, il reste $12^{cc},2$ qui représentent l'acide sulfurique formé par la pyrite. Ce nombre, multiplié par 32,625 et divisé par 100, donnera le poids du soufre cherché, soit 0,398 ou 38,8 pour 100.

Une gangue quartzeuse, barytique ou calcaire, ne trouble en rien l'application du procédé.

Le résidu, après le lavage, doit se dissoudre sans déposer de soufre dans l'acide chlorhydrique. On peut s'en assurer facilement, car, dans un essai mal conduit, le soufre se sépare

de la gangue sous forme de flocons légers, reconnaissables à la flamme bleue ou à l'odeur caractéristique d'acide sulfureux qu'ils produisent en brûlant. Dans ce cas, il faut recommencer l'analyse.

Voilà pour les pyrites de fer ou de cuivre.

Quant aux pyrites *grillées* que les fabricants emploient, le procédé de M. J. Pelouze leur est également applicable. On supprime toutefois le sel marin. On mêle exactement 5 grammes de pyrite grillée, 5 grammes de carbonate de soude pur et sec, 5 grammes de chlorate de potasse. On expose le mélange au rouge sombre dans une cuiller à projection. L'oxydation du soufre a lieu lentement et sans déflagration. Le reste de l'opération est le même que pour les pyrites cuivreuse ou martiale.

En résumé, le nouveau mode d'analyse des sulfures métalliques consiste dans la combustion du soufre par le chlorate de potasse, en présence du carbonate de soude. Le soufre passe tout entier à l'état d'acide sulfurique qui neutralise une partie du carbonate de soude. L'excès de ce sel est connu par le volume d'acide sulfurique normal qui est nécessaire à parfaire la saturation. On retranche ce volume de celui qu'auraient exigé 5 grammes de carbonate de soude pur, pour être directement neutralisés, la différence indique la quantité d'acide sulfurique produit par la pyrite essayée. De la proportion d'acide sulfurique trouvée, on arrive à celle du soufre par un calcul simple. Trente à quarante minutes suffisent pour effectuer l'essai, les erreurs ne peuvent excéder 1 à 1 1/2 % du poids du soufre qu'il s'agit de doser.

EXISTENCE DE DIVERS MOLLUSQUES ET ZOOPHYTES A DE TRÈS-GRANDES PROFONDEURS DANS LA MÉDITERRANÉE.

Forbes et plusieurs autres observateurs se sont occupés des stations des animaux marins et des relations qui semblent exister entre le mode de distribution de ces êtres et leur rôle géologique. Le relevage récent d'une portion du conducteur télégraphique plongé dans la Méditerranée, entre Bône et

Cagliari, à une profondeur de 2000 à 3000 mètres, a été l'occasion de procéder à de nouvelles études pour compléter les observations précédentes. M. Alph. Milne Edwards a donc examiné les corps étrangers qui adhéraient au fil télégraphique. Un de ces mollusques était une espèce d'huître (*Ostrea cochlear*) qui se rencontre en abondance sur beaucoup de points de la Méditerranée. L'animal s'était fixé sur le câble quand il était très-jeune et s'y était développé, car sa valve inférieure, large d'environ 6 centimètres, s'était complètement moulée sur la surface du câble. Sur un autre point, se trouvait fixé un petit *Pecten* connu sous le nom de *P. opercularis*, et une autre espèce du même genre, très-rare dans les collections, le *P. testæ*. Les Coralliaires qui vivaient à ces grandes profondeurs étaient au nombre de quatorze individus appartenant à trois espèces de la famille des turbinolides. L'un de ces polypiers ne diffère en rien de la *Caryophillia clara*, espèce très-rare qui se rencontre à l'état fossile dans les terrains tertiaires supérieurs du Piémont.

En résumé, l'examen auquel M. Alph. Milne Edwards s'est livré, montre qu'au fond d'une partie de la Méditerranée, où la profondeur de la mer varie entre 2000 et 3000 mètres, on trouve à l'état vivant un grand nombre d'animaux dont les habitudes sont sédentaires, et que presque tous ces êtres appartiennent à des espèces réputées très-rares ou qui avaient échappé jusqu'ici aux recherches des zoologistes; enfin que quelques-uns d'entre eux ne paraissent pas différer de certaines espèces fossiles dont les dépouilles sont enfouies dans les terrains tertiaires supérieurs sur les deux rives opposées du même bassin.

Enfin, les physiologistes pourront enregistrer ce fait curieux de l'existence d'êtres aussi parfaitement organisés que les mollusques gastéropodes, sous une pression de 300 atmosphères et dans un milieu où la lumière ne pénètre pas.

DOSAGE DU PLATINE.

La plupart des gîtes métallifères des Alpes, du Dauphiné et de la Savoie, renferment du platine qui s'y trouve à l'état de

diffusion. Cette découverte, due à M. E. Gueymard, a donné lieu à de nombreuses recherches analytiques qui ont conduit à un procédé très-sensible que nous résumons. Il est basé sur l'emploi de dissolutions titrées de platine.

On fait dissoudre 10 milligrammes de platine dans l'eau régale, et on ajoute de l'eau distillée de façon à obtenir 250 grammes de dissolution. 1 centimètre cube de cette dissolution contient donc $\frac{1}{25}$ de milligramme de platine, soit $0^{mg},04$, ou pour 2 centimètres cubes $0^{mg},08$ de platine.

M. Guyemard plaçait dans huit petites capsules 2 centimètres cubes de dissolution contenant $0^{mg},08$, $0^{mg},04$, $0^{mg},02$, $0^{mg},01$, $0^{mg},005$, $0^{mg},0025$, $0^{mg},00125$, $0^{mg},000625$ de platine. Dans ces huit capsules rangées en ligne, il ajoutait une petite quantité de sel d'étain en poudre, il mélangeait avec une baguette de verre et bientôt la couleur du platine apparaissait avec des nuances qui correspondaient aux chiffres ci-dessus, depuis $0^{mg},08$ jusqu'à $0^{mg},000625$.

Les boutons de retour étaient traités par l'acide nitrique, puis on ajoutait de l'acide chlorhydrique. On obtenait ainsi du chlorure soluble de platine et du chlorure d'argent insoluble. On ajoutait deux gouttes d'acide chlorhydrique, puis 2 centimètres cubes d'eau distillée. On laissait reposer avant de décanter dans d'autres petites capsules. Dans les capsules qui contenaient les dissolutions des boutons de retour, on ajoutait aussi des sels d'étain en poudre et la couleur de platine devenait apparente après quelques minutes. En la comparant à celle de huit capsules, on trouvait celle de couleur identique. Si cette couleur était celle de la cinquième capsule contenant $0^{mg},005$ de platine, on en concluait que la substance traitée contenait $0^{mg},005$ de platine sur 100 grammes de matière.

Si la valeur était intermédiaire à celle des deux capsules n° 2 et n° 3, par exemple, on trouvait que la quantité de platine pour 100 était de

$$\frac{0^{mg},04 + 0^{mg},002}{8} = 0^{mg},03.$$

Lorsque la substance essayée contenait un peu d'or avec le platine, M. Gueymard le dosait au moyen d'une liqueur titrée

préparée avec 20 milligrammes d'or dissous dans l'eau régale, en étendant la dissolution pour obtenir 250 centimètres cubes. Un centimètre cube contenait $\frac{2}{25}$ de milligrammes d'or ($0^{mg},08$), ou 2 centimètres cubes ($0^{mg},16$).

On prend ensuite huit petites capsules dans lesquelles on met 2 centimètres cubes de dissolution, contenant $0^{mg},16$, $0^{mg},08$, $0^{mg},04$, $0^{mg},02$, $0^{mg},01$, $0^{mg},005$, $0^{mg},0025$, $0^{mg},00125$ d'or. On ajoute à chacune d'elles une petite quantité de sel d'étain. Au bout de quelques minutes apparaissait le précipité pourpre de Cassius avec plus ou moins d'intensité. La substance à essayer, traitée comme ci-dessus, donnait la couleur jaune du platine, et quand il y avait en même temps de l'or, en moins d'un quart d'heure le précipité pourpre était au fond de la capsule. On décantait doucement et on ajoutait de l'eau pour avoir 2 centimètres cubes dans la capsule. On comparait les couleurs comme pour le platine.

PRÉPARATION DE L'HYDRATE BLEU DE CUIVRE.

Dès 1858, M. E. Peligot a communiqué à l'Académie des sciences de Paris le résultat de ses études sur les phénomènes qui résultent du contact du cuivre métallique avec l'ammoniaque et l'air. La dissolution de cuivre que l'on obtient dans ces circonstances, jouit de la propriété de dissoudre la cellulose, la soie et d'autres substances organiques qui résistent à l'action des dissolvants ordinaires, excepté à celle de l'hyposulfate de cuivre ammoniacal employé pour la première fois par M. Schweitzer, de Zurich.

Dans la réaction qui se passe, de l'acide azoteux prend naissance. M. Schœnbein, de Bâle, l'avait déjà constaté, mais il ne s'était pas occupé de séparer de la dissolution le produit bleu séparé.

Le procédé qu'indique M. Peligot pour obtenir une grande quantité de dissolution ammoniacale de cuivre consiste à introduire dans des flacons de 12 à 15 litres, 15 à 20 grammes de cuivre et 60 à 80 centimètres cubes d'ammoniaque concentrée.

Le cuivre obtenu par réduction au moyen du fer ou du zinc est promené sur les parois mouillées du vase, de manière à y adhérer. Après quelques minutes, le flacon s'échauffe et se remplit d'épaisses fumées blanches qui sont de l'azotite d'ammoniaque qui se condense. On renouvelle plusieurs fois de suite, à l'aide d'un soufflet, l'atmosphère du flacon qui n'est plus que de l'azote. On renverse et on laisse égoutter les flacons qu'on lave ensuite avec de l'ammoniaque liquide. On a pour résultat la dissolution bleue en question. On peut activer la réaction en employant de l'ammoniaque liquide préalablement saturée de sel ammoniac.

On évapore ensuite à sec et au bain-marie la liqueur bleue. Le résidu est pulvérisé et traité par l'alcool ammoniacal bouillant. On filtre, et, par le refroidissement, la liqueur laisse cristalliser en prismes aiguillés d'un beau bleu violacé le sel dont la composition est exprimée par la formule :



$$AzO^3, CuO, AzH^4O, HO.$$

C'est un produit dont l'industrie des couleurs se servira sans doute. On peut le préparer de diverses manières, ainsi que l'a fait M. E. Peligot, avec tous les sels de cuivres solubles dans l'eau, tels que le sulfate de cuivre, par exemple : 1° En traitant par un alcali un sel de cuivre dissous dans beaucoup d'eau et préalablement additionné un faible excès d'ammoniaque. 2° En versant de la potasse ou de la soude dans un sel de cuivre mélangé avec un sel ammoniacal. 3° En ajoutant beaucoup d'eau à une dissolution faiblement ammoniacale d'azotate de cuivre.

Comme on le voit, la préparation est des plus simples. Le produit tinctorial que l'on peut appliquer dans l'industrie des toiles et des papiers peints, ne saurait être d'ailleurs confondu avec les *cendres bleues anglaises*, dont la fabrication a toujours été tenue secrète. Ces cendres bleues sont des carbonates de cuivre d'une nuance un peu plus foncée et généralement moins pure que celle de l'hydrate de cuivre de M. Peligor.

M. Chevreul a comparé la teinte de l'hydrate de bioxyde de cuivre avec sa gomme chromatique, sa valeur est 1 bleu 7 ton.

Un échantillon servant de type d'une bonne fabrication des cendres bleues anglaises, correspond au .10,5 ton. de la même gomme.

PUITS ARTÉSIEN DE PASSY.

C'est en 1857 que nous avons parlé des accidents successifs qui avaient arrêté le forage du puits de Passy, arrivé le 31 mars, à la profondeur de 528 mètres, c'est-à-dire à peu de distance des nappes jaillissantes, accidents contre lesquels le courage et l'opiniâtreté de M. Kind ne s'éteignirent jamais. Les dépenses seules et les intérêts de la ville de Paris, doivent faire céder le sondeur Saxon et l'amener à abandonner la direction et la responsabilité des mesures de sauvetage à une commission d'ingénieurs et de membres du conseil municipal de la ville. Tout le monde sait aujourd'hui que c'est vers la fin du mois de septembre dernier, le 24, à midi, qu'après avoir déblayé les obstacles du haut et avoir repris le forage, on atteignit les eaux jaillissantes. Mais il est intéressant de connaître le résumé de ce qui s'est passé d'important dans la marche des travaux. Le détail en est lucidement exposé dans un mémoire lu à l'Académie des Sciences, par M. J. Dumas.

Depuis le mois de mars 1857, on avait essayé vainement d'extraire du puits le tube de tôle que la pression des argiles supérieures à la craie avait aplati. Des tronçons seuls purent être arrachés, et cela au prix de grandes dépenses de temps, d'argent et d'efforts ingénieux. Ce ne fut que le 13 décembre 1859, qu'un faux puits de 3 mètres de diamètre à la partie supérieure, établi partie en fonte, muraillé intérieurement, partie en tôle, de $1^{m},70$ de diamètre, à la partie inférieure, fut foncé à bras d'homme avec épuisement de l'eau. Les tubes en fonte, fermés par des anneaux bridés, boulonnés et agraffés bout à bout, avaient une épaisseur de $0^{m},035$; la pression des argiles les fendillait comme du verre. Enfin, après mille dangers affrontés, on arriva à la partie forée dans la craie. M. Kind reprit alors la direction du curage, et le forage recommença ensuite au-delà des 528 mètres de profondeur.

De nouveaux accidents survinrent pendant le tubage consistant en un cuvelage formé de douves en bois cerclées en fer noyé dans l'épaisseur et assemblées par sections. La partie inférieure se terminait par un tube en bronze penestré. On descendit tout ce système, en allongeant successivement la colonne, jusqu'à la profondeur de 550 mètres. Là, les éboulis de sable survinrent et opposèrent un invincible obstacle à la descente. Cependant, l'examen des échantillons de terrain rapportés par la sonde, montrait qu'on touchait presque à la couche aquifère. Il fut donc résolu, qu'au lieu de s'obstiner à faire pénétrer plus bas la colonne, on forerait dans son intérieur un sondage de reconnaissance.

L'eau fut ainsi rencontrée pour la première fois à 577^{m},50, mais elle n'atteignit pas tout-à-fait l'orifice du puits, il s'en fallait de quelques mètres. Un deuxième tube en tôle avec partie fenestrée au bas, et d'un diamètre de 70 centimètres fut glissé dans le tube précédent, comme une section de télescope. On atteignit avec lui la profondeur de 580^{m}. Là, des argiles l'arrêtèrent. M. Kind fora hardiment jusqu'à 586^{m},50, et les eaux jaillirent enfin, donnant un volume de 15,000 mètres cubes, puis de 25,000 et finalement de 22,000 par jour.

Quant au débit du puits de Grenelle, foré dans le temps par M. Mulot, il se maintint tel qu'il était, à 900 mètres cubes, jusqu'au 25 septembre à midi; mais le même jour, à minuit, il descendait à 806^{mc} et enfin, le 26, à 6 heures du matin, ce débit atteignit son minimum de 777 mètres cubes. L'eau jaillissante, à Passy, a la même température que celle du puits de Grenelle, environ 20 degrés; elle est sortie chargée de sables verts, mais peu à peu, sa limpidité s'est établie. Aujourd'hui, elle alimente les lacs du bois de Boulogne et subvient au service d'arrosage de toute cette partie de Paris.

En résumé, les prévisions de M. Kind ont été dépassées comme résultat. La dépense seule a été plus grande que celle prévue, mais le débit est plus grand aussi. Ce capital de près d'un million qu'auront coûté les travaux, sera remboursé en trois ans par les services rendus.

BULLETIN.



ANALYSES ET ESSAIS DOCIMASTIQUES

FAITS AU LABORATOIRE DE L'ÉCOLE DES ARTS ET MANUFACTURES ET DES MINES DE LIÉGE, SOUS LA DIRECTION DE M. IS. KUPFFERSCHLAEGER.



Année Académique 1860-1861.



B. — MINERAIS DE ZINC.

1° *Calamie d'Espagne*, 1re *variété*.

En très-gros morceaux de couleur blanc-jaunâtre, virant au gris; aspect terne, dureté et densité assez considérables; cassure inégale, texture feuilletée et mamelonnée en quelques points.

Résultats moyens de cinq essais faits par les voies humide, volumétrique et sèche.

VOIE HUMIDE.			VOIE VOLUMÉTRIQUE.
Matières volatiles au feu . .	26,54		
Id. insolubles. . . .	5,78		
Oxyde zincique	65,70	= zinc 52 69	53,11 °/₀.
Id. ferrique et calcique .	1,07		
Id. plombique	0,36		
Total,	99,45		

VOIE SÈCHE.

On a soumis 2 gr. du minerai cru, correspondant à 1,472 de ce minerai calciné.

Noir de fumée laissant un poids de cendres . . . 0,100

Total des matières fixes, 1,572

Après réduction du mélange et grillage du résidu, le poids du zinc volatilisé était = 1,081 ou 54,10 °/₀.

Ont signé : L. SPIERTZ, BOURDOUXHE, E. DOCTEUR, F. KRANS et HABETS.

2° *Calamine d'Epagne*, 2° *variété.*

Morceaux assez gros, entièrement blancs, d'un aspect terreux et un peu cristallin; densité moyenne, dureté faible, cassure inégale, texture feuilletée et poussière blanche.

Résultats moyens de quatre essais :

VOIE HUMIDE.			VOIE VOLUMÉTRIQUE.
Matières volatiles. . . .	25,700		
Silice.	3,550		
Oxyde zincique.	67,500	= zinc 54,176	54,560 %.
Id. calcique	3,000		
Total,	99,750		

VOIE SÈCHE.

On a soumis 2 gr. du minerai cru, correspondant à 1,486 de ce minerai grillé.

Noir de fumée laissant un poids de cendres = 0,0285 de ce minerai grillé.

Total des matières fixes 1,5145

Après réduction du mélange et grillage du résidu, le poids du zinc volatilisé était = 1,09 ou 54,5 %.

Ont signé : LEURQUIN, O. LAURENT, GLOGOWSKI et KIETCZEWSKI.

3° *Calamine du Rocheux*, 1er *échantillon.*

En morceaux de la grosseur d'un poing, dont la couleur varie, par places, du gris-brunâtre au rougeâtre; densité et dureté assez fortes, cassure régulière, texture compacte et poussière d'un gris-jaunâtre.

Résultats moyens de six essais :

VOIE HUMIDE.			VOIE VOLUMÉTRIQUE.
Matières volatiles . . .	33,31		
Id. insolubles . . .	0,81		
Oxyde zincique. . . .	58,84	= zinc 47,22 . .	49,95 %.
Id. ferrique	2,12		
Id. calcique	1,33		
Id. magnésique . . .	0,25		
Id. plombique . . .	0,30		
Soufre	traces.		
Total,	99,56		

VOIE SÈCHE.

On a soumis à l'essai 2 g. de minerai cru correspondant à 1,302 de minerai calciné.

Noir de fumée laissant un poids de cendres. 0,081

Total des matières fixes, 1,383

Après réduction du mélange et grillage du résidu, le poids du zinc volatilisé était = 0,959 ou 47,95 %.

Ont signé : TSCHIDERER, DEBONNIER, BÉTHUNE, WUILLOT, MALAISE V. SÉPULCHRE.

4° *Calamine du Rocheux. — 2e échantillon.*

Minerai de couleur jaune-brunâtre, ayant l'aspect terreux; densité et dureté très-considérables, cassure inégale, texture granulaire, un peu géodique et poussière jaune.

Résultats moyens de deux essais.

VOIE HUMIDE.

Matières volatiles. . . .	30,50	
Silice.	3,60	
Oxyde zincique	43,50	= zinc 36,50 %.
Id. ferrique	13,60	
Id. calcique	1,00	
Id magnésique. . . .	1,83	
Total des matières fixes,	98,03	

VOIE SÈCHE.

On a soumis à l'essai 2 gr. de minerai cru, correspondant à 1,389 de minerai calciné.

Noir de fumée laissant un poids de cendres. 0,063

Total des matières fixes, 1,452

Après réduction du mélange et grillage du résidu, le poids du zinc volatilisé était = 0,7633 ou 38,28 %.

Ont signé : FIVET et ROSOOR.

5° *Calamine d'Angleur.*

En morceaux irréguliers de couleur gris-rougeâtre et partiellement recouverts de cristaux blancs; aspect terreux, densité et dureté très-prononcées, cassure conchoïde, inégale, texture semi-cristalline et granuleuse; poussière grise un peu rougeâtre.

Résultats moyens de trois analyses faites par la voie humide :

Matières volatiles. . . .	32,49	
Id. insolubles.	2,56	
Sulfure plombique	0,72	
Oxyde zincique	61,62	= zinc 49,45 %.
Id. ferrique.	1,61	
Id. calcique	0,47	
Total,	99,47	

Ont signé : De Keyser, Auliké et Van Derton.

6° *Minerai d'Engis.*

L'échantillon soumis à l'analyse présentait trois zônes : la première était de la blende grise, un peu jaunâtre, à texture filamenteuse et à éclat mat ; la deuxième était de la galène de couleur gris-bleuâtre, à texture cristalline, ayant l'éclat métallique ; la troisième consistait en pyrite jaune, à texture cristalline avec éclat métallique.

Résultats moyens de deux essais :

	VOIE HUMIDE.		VOIE VOLUMÉTRIQUE.
Argile	31,200		
Matières volatiles. . . .	11,630		
Oxyde zincique	45,000	= zinc 36,117	36,55.
Id. ferrique	7,100		
Id. plombique. . . .	2,390		
Id. calcique	1,616		
Total,	98,936		

Ont signé : L. Guchez et Eug. Pavoux.

7° *Calamine d'Oneux.*

Minerai de grosseur variable, dont la couleur varie du jaune au brun ; densité et dureté moyennes, texture cloisonnée et cassure inégale.

Résultats moyens de cinq essais :

	VOIE HUMIDE.	VOIE VOLUMÉTRIQUE.	VOIE SÈCHE.
Zinc =	42,08 %. . .	43,55	44,801.

Ont signé : de Damseaux, Simonis, J. François, Moszinski et Borkowski

8° *Calamine d'Andenelles.*

L'échantillon envoyé était en poudre.

Résultats moyens de deux essais :



VOIE HUMIDE.			VOIE VOLUMÉTRIQUE.
Matières volatiles. . . .	33,723		
Id. insolubles . . .	1,700		
Oxyde zincique	57,300	= zinc 45,98 %	47,81 %.
Id. ferrique	5,030		
Id. calcique	0,900		
Id. magnésique . . .	0,135		
Total,	98,790		

Ont signé : Stévart et Demonceau.

9° *Blende de Lavoir*

En morceaux de couleur gris-jaunâtre à l'extérieur et gris-brunâtre à l'intérieur; éclat métalloïdique, densité assez forte, texture rubanée et cassure régulière.

Résultats moyens de cinq essais faits avec le minerai préalablement grillé.

VOIE HUMIDE.			VOIE VOLUMÉTRIQUE.
Matières insolubles . . .	2,02		
Oxyde zincique.	88,62	= zinc 70,56 %	70,07 %.
Id. ferrique	2,10		
Id. calcique	0,82		
Id. magnésique. . . .	0,20		
Acide sulfurique	5,85		
Total,	99,61		

Ont signé : Morel, Raingeard, Bauchau, Barlet et Tschiderer.

10° *Blende argentifère de Pontpéau.*

On a analysé trois échantillons pour doser le zinc et l'argent.

1er échantillon. Le zinc déterminé par la voie volumétrique = 45 %.

Pour doser l'argent, on a traité 10 gr. de minerai par autant de nitre et 100 gr. de litharge pure. Le plomb obtenu, pesant environ 25 gr., ayant été coupellé, a fourni un grain d'argent du poids de 0,00112, ce qui équivaut à 0,0112 %.

Ont signé : De Bonnier et Vanderton.

2e échantillon. Le zinc dosé par la voie volumétrique = 45,68 %.
L'argent déterminé comme pour le premier échantillon = 0,0137 %.

Ont signé : Stévart, Docteur, Laurent et Leurquin.

3e échantillon. Le poids du zinc trouvé = 53,70 %. Celui de l'argent = 0,0130 %.

Ont signé : Krans, Habets, Morel et Ringeard.

FABRICATION DE FEUILLES DE PLOMB CONTINUES,

PAR C. BECKER.

A l'usine de plomb (*Oldford Road*, *Bow*), à Londres, les feuilles de plomb, au lieu d'être obtenues au laminoir sur certaines longueurs, sont taillées d'une manière continue dans un cylindre.

Ce procédé paraît devoir donner une économie de 40 à 50 pour °/₀ sur les frais du laminage ordinaire des barres de plomb, et les feuilles qu'on en obtient, tout en ayant une ténacité plus grande, ne présentent pas ces pores et ces défauts nombreux qui permettent à l'eau de traverser les feuilles laminées.

Le croquis, pl. 16, donne une idée de la machine employée. Sur deux solides bâtis *a* est monté un arbre cannelé en fonte *b*, ayant au milieu 10 pouces de diamètre et dont les extrémités, exposées aux efforts de torsion dans les paliers, ont un diamètre de 7 1/2 pouces. C'est cet arbre qui forme le noyau sur lequel on coule le cylindre *c* de plomb; *g* et *h* sont deux grandes roues dentées qui engrènent les pignons *i* et *k*; *l* est un arbre de transmission et *m* la roue de commande.

La fusion du plomb s'obtient à l'aide d'un petit four à réverbère dont la flamme passe au-dessus et au-dessous d'un récipient en fonte dans lequel le plomb est renfermé, autant que possible, à l'abri de l'air. Le noyau en fonte *b* est placé au centre d'un moule composé de deux demi-cylindres, ayant 2 pieds de diamètre et 2 pieds 10 pouces de hauteur puis on coule le plomb On a soin que le refroidissement du métal s'opère lentement, afin de lui donner plus de ténacité. Après avoir enlevé le moule, l'arbre, entouré de son anneau en plomb, est placé, au moyen d'une grue, sur ses supports, et l'on commence à couper les feuilles.

Un couteau en acier *d*, ayant 5 pieds de largeur, 8 pouces de hauteur et 1 1/2 pouce d'épaisseur, est vissé sur un support que la machine pousse avec une vitesse constante contre le cylindre de plomb qui tourne lentement et qui est entamé sur toute sa longueur. A l'aide d'une vis et de roues intermédiaires, on peut faire avancer le support avec des vitesses différentes, de manière à obtenir des feuilles dont l'épaisseur varie de $\frac{1}{300}$ à $\frac{1}{8}$ de pouce.

Les deux extrémités du cylindre sur une largeur d'un pouce ne peuvent être utilisées et, pour couper ces deux lisières, on a monté sur le support deux burins *e* qui taillent dans le cylindre de plomb de manière qu'après le passage du couteau, ces lisières tombent et donnent à la feuille une égale largeur.

La feuille coupée passe entre des rouleaux qui la tiennent droite et la conduisent à un petit cylindre en bois sur lequel elle s'enroule, sans subir aucune extension ou déchirement. Dès que le cylindre de plomb est roulé à une certaine épaisseur (6 pouces), un ouvrier, qui suffit au travail de trois machines, coupe la feuille et place un nouveau cylindre. C'est enroulées sur ces cylindres en bois que ces feuilles se trouvent dans le commerce.

M. C. Becker a observé que pour couper une feuille de plomb de 1/48 de pouce d'épaisseur, on plaçait sur l'arbre moteur, qui faisait 90 tours par minute, un tambour de 2 1/2 pieds de diamètre et de 5 pouces de largeur, et qu'alors le cylindre de plomb ayant un diamètre de 2 pieds et 2 pieds 10 pouces de longueur faisait deux tours par minute. Il reconnut en outre que dans ce travail le métal se contractait d'environ 1/3, et qu'avec cette même vitesse par minute on n'obtenait qu'une lame de 8 pieds au lieu de douze.

(*Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.* 1861, p. 74.)

MÉTHODES RAPIDES POUR LE DOSAGE DU SOUFRE.

M Boucard, dans sa Revue des Sociétés savantes de France, a donné, page 323, le nouveau procédé de M. Pelouze pour le dosage du soufre contenu dans les pyrites.

Nous ajouterons ici quelques détails sur un procédé des plus expéditifs que nous avons souvent eu l'occasion d'employer dans l'industrie pour déterminer approximativement la quantité de soufre restant dans les blendes grillées.

On sait que la blende crue est difficilement attaquable par l'acide chlorhydrique, mais qu'elle devient quand on la mêle intimement à du fer porphyrisé. Cette réaction donne lieu à un dégagement d'acide sulfhydrique.

On a utilisé cette réaction pour apprécier rapidement le grillage des blendes au moyen d'un papier imbibé d'acétate plombique. Ce procédé est assez sensible mais il présente un grand inconvénient résultant de l'emploi du fer porphyrisé, lequel est très difficile à se procurer complètement exempt de soufre, or c'est là une condition indispensable. (Ce produit pur est tellement rare que j'en ai cherché vainement chez cinq des meilleurs droguistes et marchands de produits chimiques de Belgique et d'Allemagne.) Si le fer ne contenait que des traces de soufre on pourrait s'en servir sans grand inconvénient, mais il est un moyen très-simple d'y obvier c'est de remplacer le fer porphyrisé par du zinc et à cet usage, à défaut de zinc pur, je me servais du *zinc à la calamine*, *Vieille Montagne*, qui est complè-

tement privé de soufre. Ce zinc laminé en feuilles minces était découpé en fragments très-petits de 1 à 2 mm. q. que je conservais pour l'usage

Voici, du reste, comment on opère : la blende grillée étant porphyrisée, au moyen d'une petite cuiller on en prend un volume déterminé, toujours le même, qu'on introduit dans un tube à réaction où l'on a déjà placé trois ou quatre des petits fragments de zinc, ensuite, au moyen d'une burette graduée on y verse cinq centimètres cubes d'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau ; on recouvre alors le tube d'un papier humide d'acétate plombique et l'on chauffe jusqu'à l'ébullition au-dessus de la flamme d'une lampe à alcool.

Le papier d'acétate plombique se colorera plus ou moins selon la quantité d'acide sulfhydrique qui se sera dégagée Faisons remarquer, pour terminer, que l'on doit prendre d'autant moins de matière qu'elle contient plus de soufre, car autrement le papier plombique deviendrait tellement noir que l'on ne pourrait pas juger des différences de teintes plus ou moins foncées ; ensuite que, pour rendre bien comparables les essais faits de la sorte, il faut constamment se mettre dans les mêmes circonstances, c'est-à-dire autant que possible rester le même temps pour un essai que pour l'autre, etc. On conçoit alors qu'avec un peu d'habitude, surtout après des essais comparatifs sur des blendes contenant des quantités connues de soufre, ce procédé permette de décider approximativement, certainement à moins d'un quart pour cent, la teneur en soufre et partant le degré de grillage et la marche des fours. Notons aussi qu'une ébullition prolongée pourrait décomposer le sulfure de plomb par le dégagement trop abondant de vapeur chlorhydrique et enfin que ce mode ne permet de constater que la présence du soufre qui se trouve à l'état de sulfure et non celui qui serait déjà passé à l'état de sulfate : aussi n'est-ce que comme un essai industriel que nous le recommandons.

Fr. Dw.

EMPLOI DES MARCS DE SOUDE ET DES RÉSIDUS DE PYRITE GRILLÉE,

PAR M. KUHLMANN.

Les marcs de soude, résidus oxysulfurés du lessivage des soudes brutes, forment des tas encombrants et, qui plus est, souvent dangereux pour la salubrité publique ; la pyrite grillée n'est pas moins encombrante. Malgré toutes les recherches, on n'était pas encore parvenu à pouvoir utiliser ces résidus ; M. Kuhlmann vient d'en proposer l'emploi pour la fabrication à

froid d'un ciment artificiel. Il fait un mélange par parties égales des marcs sortant des cuves avec des pyrites grillées, et il en forme une pâte homogène, sous l'action de meules verticales. Cette pâte est alors moulée à froid sous forme de briques ou de pièces architecturales et l'on obtient ainsi des matériaux qui acquièrent rapidement une très-grande dureté, qui ne fait qu'augmenter par la suite; si on a fortement comprimé ces briques, elles résistent à l'action de la gelée, surtout après une exposition de quelques mois aux influences atmosphériques En vernissant cette espèce de poterie avec une dissolution de silicate potassique, après qu'elle a déjà été exposée quelque temps à l'air, on obtient des matériaux qui résistent parfaitement à la gelée.

L'explication de cette consolidation paraît être l'oxydation de l'oxysulfure calcique en sulfate calcique sous l'influence de l'oxyde de fer et au détriment de l'oxygène atmosphérique.

W. W.

ACIER BESSEMER.

Dans la séance du 24 décembre dernier de la Société littéraire et scientifique de Manchester, M. Brockband a présenté différents échantillons d'acier fabriqué par le procédé Bessemer. Il a constaté que cet acier surpassait le cuivre en malléabilité. On peut le courber, le contourner, le plier à froid ou à chaud, sans recuit et à un degré de température qu'on ne peut atteindre avec le cuivre ou l'acier ordinaire. Une plaque de 18 pouces de diamètre passée par différentes filières, a donné un tube de 15 pieds de longueur et de 1 3/4 pouce de diamètre. Un anneau de ce métal peut, après une seule chaude, être transformé au marteau en un chapeau de cheminée de locomotive. En forant un trou circulaire dans une plaque, on obtient des alesures continus, tandis que pour les plaques de cuivre et de fer de Low-Moore les alesures se brisent sur une longueur de 1/10e de pouce. Des lames minces d'acier doux de Bessemer peuvent être repliés dans un sens et dans l'autre plus de cent fois sans se briser, et sous ce rapport elles sont aussi flexibles que le papier.

TREMPE DES OUTILS ET DES INSTRUMENTS.

Nous extrayons d'une lettre adressée au *Scientific American* les renseignements suivants : « L'expérience m'a appris que la trempe de l'acier dépend de la rapidité avec laquelle le métal est refroidi. Dans le refroidisse-

ment on doit tenir compte des dimensions et de la température de la pièce, et le bain d'eau ou d'huile doit être réglé en conséquence. La partie aciérée d'une enclume ne pouvant jamais avoir une trempe trop forte, le refroidissement doit être soudain. Un bain d'eau salée donne le refroidissement le plus prompt ; vient ensuite le bain d'eau pure. Des mélanges d'huile et de résine servent à modifier la durée du refroidissement des objets en acier, suivant leurs dimensions et leur destination. Je suis peu au courant de la trempe des scies, mais les détails suivants ont été confirmés par mon expérience personnelle. Un petit instrument d'acier, tel qu'une lancette, doit être chauffé au rouge cerise, puis plongé dans un bain d'huile à 60° Fhr. ; on le trempe ensuite au feu jusqu'à ce qu'il ait pris une couleur jaune foncé.

Je traite les lames de canifs comme celles des lancettes, mais en portant la couleur au bleu clair. Les lames des rasoirs, traitées également comme les lancettes, sont plongées, à la température de 60° Fhr., dans de l'eau froide. Les couteaux de tables sont plongés dans l'huile; la trempe en est moins forte que pour les canifs; dès que les lames deviennent noires, on les refroidit immédiatement. Les ciseaux et les petits outils de menuiserie sont plongés dans l'eau comme les rasoirs, mais les outils de plus forte dimension passent au bain d'huile à 60°. Les pièces de moindres dimensions sont portées à la couleur jaune-foncé. De petits ressorts passent au bain d'huile comme les lancettes, puis sont tenus au-dessus de la flamme jusqu'à ce que l'huile brûle. Je les détrempe jusqu'à ce qu'ils prennent une teinte noire. Je trempe les forts ressorts en les plongeant, à la température rouge (100° Fhr.), dans l'eau, puis, après les avoir huilés, je les chauffe jusqu'à ce qu'ils deviennent noirs. Il faut une certaine expérience pour bien conduire la trempe d'un ressort, car la couleur est loin d'être un guide certain. On a recours à des bains de sable et de métal fondu pour tremper les ressorts sur une grande échelle. Les lames de sabre reçoivent la même trempe que les ressorts. Tous ces objets sont polis après la trempe puis chauffés pour prendre la couleur voulue.

PRÉSERVATION DES POTEAUX TÉLÉGRAPHIQUES ET DE BARRIÈRES.

D'après un journal américain, après avoir placé le poteau en terre et rempli le trou jusqu'à 14 pouces de la surface, on doit verser autour du pied environ $\frac{1}{6}$ d'hectolitre de rognures de fer sur lesquelles on jettera encore deux pouces de terre, puis on damera fortement. Ces rognures ne

tardent pas à former une masse solide qui maintient fortement le pied et le préserve contre la pourriture De deux poteaux d'amarrage qui avaient été placés devant la demeure du correspondant du journal, l'un, protégé par de la rognure de fer, avait été trouvé parfaitement sain, tandis que l'autre avait le pied entièrement pourri. Ces rognures de fer peuvent s'obtenir à bas prix dans tous les ateliers de construction de machines, il suffirait de 10 hectolitres par *mille* de poteaux télégraphiques.

EXPLOSIONS DES CHAUDIÈRES A VAPEUR DUES A LA CORROSION.

Dans un rapport adressé par M. Fletcher à l'Association de Manchester pour le contrôle des chaudières à vapeur, cet ingénieur signale particulièrement à l'attention, l'affaiblissement de la résistance dû à la corrosion. Il croit que les chaudières doivent être sérieusement examinées au moins une fois par an, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, afin de s'assurer que les parois ne sont pas atteintes de corrosion, et à l'appui de cette opinion il cite le fait ci-après.

Une chaudière ordinaire avait été visitée à fond, il y a deux ans, et remise en parfait état de réparation; le Comité avait cru pouvoir se dispenser de la soumettre de nouveau, pendant ce temps, à un examen complet. Cependant, comme on voulait enlever les incrustations, le marteau traversa la paroi du fond que l'on trouva aussi mince qu'une feuille de papier; la tôle était également attaquée tout le long de la partie par laquelle la chaudière était appuyée sur la maçonnerie, et en enlevant quelques briques du carneau on reconnut une corrosion telle qu'on put en tirer d'une petite surface un $0^{lit},14$ de rouille.

COUSSINETS DES ESSIEUX DE WAGGONS SUR LES CHEMINS DE FER PRUSSIENS.

Les essieux employés sur les chemins de fer prussiens se divisent en deux classes, les uns en métal rouge et les autres en métal blanc.

La composition du métal rouge comprend, sur 100 parties.

CHEMIN DE	CUIVRE	PLOMB.	ZINC.	ÉTAIN.
1° Cologne-Minden	84	4	4	8
2° Aix-Maestricht	86	»	»	14
3° Breslau-Fribourg	79	8	5	8
4° Berleu-Potsdam-Magdebourg . .	76	12	4	8
5° Westphalie	84	»	»	16
6° Magdebourg-Halberstadt	82	»	8	10
7° Saarbruck	82	»	»	18
8° Aix-Dusseldorf-Ruhrort.	80	8	8	4

La composition du métal blanc comprend sur 100 parties.

CHEMIN DE	CUIVRE	ÉTAIN.	ANTIMOINE.
1° Westphalie.	7	82	11
2° Magdebourg Halberstadt	11	74	15
3° Saarbruch	5	85	10
4° Aix-Dusseldorf-Ruhrort	7	76	17
5° Berg-Mark	8	80	12
6° Berlin-Anhalt, Silésie intérieure-Mark, Silésie supérieure	5	85	10
7° Magdebourg-Leipsic, raccordement de la Silésie inférieure.	3	91	6
8° Neisse à Brieg	6	83	11
9° Rhenan.	6	82	12

Les chemins de fer qui emploient le métal rouge et le métal blanc ont conservé le premier pour les voitures qui sont chargées de plus de 75 centner par essieu.

Les coussinets en métal blanc du chemin de Westphalie ont résisté à un parcours de 7000 *meilen*, sans exiger aucune réparation.

Les chemins qui donnent la préférence au métal blanc s'appliquent même aux coussinets de locomotives. Cinq chemins de fer font usage de coussinets qui ont le plomb pour base et dont la composition est donnée dans le tableau suivant.

CHEMIN		PLOMB.	ANTIMOINE.	CUIVRE	ÉTAIN.
De l'Est		84	16	»	»
De Magdebourg-Wittemberg	waggns	85	15	»	»
	machrs	80	12	8	»
De Berlin Hambourg		60	20	»	20
De la Thuringe		85	15	»	»
De Berlin-Stettin		42	16	»	42

Ces derniers coussinets, dans la composition desquels le plomb et l'étain entrent par parties égales, résistent très-bien et ne sont pas assez durs pour attaquer les fusées des essieux.

(*Zeitschrift fur Bauwesen.*)

NOUVELLES EXPÉRIENCES DE M. LE CHEVALIER SELLA SUR LE FROTTEMENT.

Dans un mémoire présenté en 1861 à l'Académie des sciences de Turin, M. Sella a communiqué le résultat de ses expériences pour déterminer la résistance du frottement.

Dans un résumé historique des recherches qui ont été faites sur cette question, le savant académicien rappelle en premier lieu celle d'Amontons, qui avait établi la loi de l'indépendance de la grandeur des surfaces en contact, puis celle de Coulomb, qui reconnut qu'en général le frottement pendant le mouvement est 1° proportionnel à la pression, 2° indépendant de l'étendue des surfaces de contact, 3° indépendant de la vitesse du mouvement, sauf quelques restrictions.

Depuis, les expériences de Morin, confirmant les principes émis par Coulomb, tendaient à écarter les restrictions posées par ce dernier à l'indépendance de la vitesse du mouvement, et ces principes ainsi généralisés ont été admis sans contestation dans tous les traités de mécanique.

Cependant M. Sella fait observer que les praticiens n'y ont pas une confiance absolue et que les mécaniciens employés aux freins qui maintiennent la descente uniforme des convois sur les plans inclinés de Giovi, savent que ces freins ne peuvent pas empêcher l'accélération de la marche, lorsque la vitesse initiale dépasse certaines limites, ce qui prouve à l'évidence que, dans ce cas, le frottement diminue lorsque la vitesse augmente.

A ce sujet, l'auteur entre dans l'examen des expériences que MM. Poirée et Bochet ont entreprises sur les chemins de fer depuis 1851, en reliant à une locomotive, par l'intermédiaire d'un dynanomètre, un waggon dont on pouvait au besoin fixer les roues de manière à les empêcher de tourner, ou bien que l'on pouvait placer sur des patins.

De ces expériences, M. Bochet a conclu que le frottement était proportionnel à la pression, sensiblement indépendant de la grandeur des surfaces de contact, mais variable avec la vitesse, de manière à être maximum pour une vitesse nulle, à décroître avec l'augmentation de cette dernière, jusqu'à devenir nul, ou à peu près nul à une vitesse très considérable. Il disait que si on décrivait une courbe en prenant les vitesses pour abscisses et les frottements correspondants pour ordonnées, on obtenait un arc d'hyperbole asymptotique à l'axe des abscisses ou bien à une parallèle à cet axe; mais, depuis, il a modifié ces conclusions, et il admet que le frottement, même dans des circonstances apparemment identiques, n'est pas toujours constant et ne peut se représenter par une seule courbe, mais bien par une zône comprise entre deux courbes.

Hirn a institué également une série d'expériences pour la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur, et dans quelques-unes il a étudié les relations existantes entre le nombre de calories produit par le frottement d'un arbre sur ses coussinets, et le travail nécessaire pour produire ce frottement. Dans ces recherches, Hirn posait sur un arbre horizontal un coussinet auquel était fixé un fléau de balance, dont il chargeait les extrémités. En supposant la balance immobile lorsque l'arbre était au repos, celui-ci tournant devait, par le frottement produit, détruire l'équilibre; les poids à ajouter dans l'un des plateaux de la balance pour rétablir cet équilibre, donnaient la mesure du frottement qui se produisait entre l'arbre et le tourillon. Hirn divise le frottement en immédiat ou médiat, suivant que les surfaces des deux corps se touchent directement ou sont séparées par une substance intermédiaire, solide, liquide ou gazeuse; il croit que le frottement immédiat obéit aux lois de Coulomb, mais que le frottement médiat, au contraire, est une fonction compliquée de la pression, des dimensions des surfaces en contact et de la vitesse. Cet auteur fait, en outre, une observation de la plus haute importance au sujet des lubréfiants qui, d'après lui, ne peuvent, à de petites vitesses, s'introduire entre deux corps frottants, tandis qu'à une vitesse plus grande, non seulement un lubréfiant liquide quelconque, mais l'air même qui enveloppe tous les corps qui se trouvent sur la surface terrestre, s'introduit entre les surfaces et en diminue considérablement le frottement.

Après cet exposé des résultats obtenus par ses devanciers dans l'étude du

frottement, le Chevalier Sella fait observer que lorsqu'un corps se meut sur un autre corps, les aspérités qui existent sur les deux surfaces en contact, doivent être cause que de chacune d'elles se détachent des parcelles de matières et l'attraction qu'exercent les molécules de l'un des corps sur celles de l'autre, doit occasionner dans tous les deux un mouvement vibratoire, c'est-à-dire que le frottement serait dû à une destruction mutuelle des corps et à des vibrations qui se produisent près de leurs surfaces de contact. L'état des surfaces des deux corps doit surtout avoir une influence majeure sur leur destruction mutuelle; leur mouvement vibratoire, au contraire, dépendra surtout de leur nature intime; de telle façon que si l'on réussissait à éliminer ou à réduire à une fraction minime l'usure mutuelle des corps, le frottement deviendrait essentiellement une fonction de l'élasticité des corps entre lesquels il se produit. Défini de cette façon, on ne peut comprendre que le frottement soit indépendant des dimensions des surfaces en contact et de la vitesse, et simplement proportionnel à la pression, et l'auteur est d'avis qu'il est très-important d'étudier le frottement entre des limites très-étendues de pression, de vitesse, de dimensions des surfaces de contact et de durée du frottement, et surtout d'examiner comment le frottement varie selon les différentes directions suivant lesquelles on expérimente sur des corps qui, comme les cristaux, possèdent des élasticités différentes, suivant des directions différentes.

Selon lui, ni les procédés suivis par Coulomb et Morin ni ceux de Poirée et de Bochet ne peuvent atteindre ce but; car ils ne peuvent s'appliquer qu'aux besoins de la mécanique pratique et nullement répondre aux exigences de la physique moléculaire. La balance de Hirn pourrait être employée jusqu'à un certain point, mais elle ne saurait servir à l'étude des cristaux et laisse trop d'incertitude sur la distribution de la pression entre les corps frottants. M. Sella propose l'emploi de deux instruments auxquels il donne le nom de *Tripsomètres*, fondés sur les principes suivants. Si l'on pose un corps plan sur un cylindre horizontal tournant, le frottement tiendra à déplacer le corps, et si celui-ci est maintenu par un élastique, la tension de ce dernier donnera la mesure du frottement. Ou bien on pose le corps sur un disque plan tournant sur un axe vertical, la tension de l'élastique qui empêchera le corps d'être entraîné par le plateau donnera également la mesure du frottement. Au moyen de ces tripsomètres, on peut étudier le frottement entre des limites considérables de vitesse, prolonger son action entre les deux corps jusqu'à ce que les aspérités de chacun d'eux soient parfaitement enlevées; et par le moyen d'une machine pneumatique on peut les soustraire à l'influence de l'air atmosphérique; en outre, on peut opérer sur des corps de petites dimensions, comme le sont en général les cristaux. Le tripsomètre à cylindre est surtout utile pour l'étude des variations du frottement selon

la direction suivant laquelle il s'opère. Le tripsomètre à plateau s'emploirait plutôt pour l'étude des variations du frottement avec l'extension du contact.

Déjà en 1859 l'auteur avait confié au célèbre constructeur Froment, l'exécution d'un tripsomètre à cylindre, et ayant reçu depuis peu cet appareil, il l'a soumis à l'Académie. Ce tripsomètre se compose d'un mouvement d'horlogerie faisant tourner en sens contraire deux cylindres dont on détermine la vitesse au moyen d'un compteur. Sur l'un de ces cylindres, ou sur tous les deux, on pose des corps fixés à une tige horizontale, dont les deux extrémités sont reliées à des ressorts, que l'on peut tendre plus ou moins par le moyen de vis. Les deux cylindres tournant en sens contraire, lorsque le frottement s'exerce à la fois sur tous les deux, la tension des élastiques donne la différence de frottement, tandis que l'on obtient au contraire le frottement absolu en opérant sur un seul des deux cylindres. Les résultats des premiers essais faits sur ce tripsomètre par le chev[r] Sella et l'ingénieur G. Montefiore Levi seraient :

1° *Le frottement qui s'exerce entre deux corps varie considérablement avec la propreté des surfaces en contact.* De fait, si l'on pose un cristal de quarz sur un cylindre de laiton, le frottement finit par être plus que le double de ce qu'il était au commencement de l'expérience, tandis qu'il se réduit immédiatement à sa première limite, par le simple passage d'une feuille de papier entre le cylindre et le cristal, cette interposition ayant pour effet de nettoyer les surfaces.

2° *Entre les limites de vitesse comprises entre 0 et 50 centimètres par seconde, le frottement croît avec la vitesse.* Ainsi, par exemple, un cristal de quarz étant soumis à l'essai sur un cylindre de laiton, le rapport du frottement à la pression, s'est accrue graduellement de 0,12 à 0,19, avec l'accroissement de la vitesse de 1 à 55 centimètres par seconde. Ce résultat étant en contradiction direct avec ceux obtenus sur les chemins de fer, démontre que, ou bien à de grandes vitesses l'air s'interpose entre les freins et les rails, de manière à diminuer le frottement, ou bien que le frottement est une fonction telle de la vitesse, que par l'accroissement de celle-ci, il croît jusqu'à un certain maximum, passé lequel il va en diminuant.

3° *Le frottement varie dans certains cristaux, selon la direction suivant laquelle il s'opère.* Ainsi, dans le quarz par exemple, et entre les limites de vitesse ci-dessus indiquées, le frottement qui s'exerce parallèlement à l'axe cristallographique de symétrie, est notablement plus élevé que celui qui s'exerce suivant une direction perpendiculaire à cet axe.

(*Extrait du Rapport du secrétaire de l'Académie,*
M. EUGÈNE SISMONDA)

SCIERIE MÉCANIQUE.

La construction des navires exige l'emploi de pièces de bois et notamment de planches parfaitement en droit fil, de sorte que le débit à bras d'hommes est encore indispensable pour obtenir de telles pièces. La lenteur de ce travail, son haut prix, répondent mal aux besoins actuels : aussi déjà plusieurs grandes maisons, poussées par le désir de satisfaire aux exigences d'entreprises importantes qui leur étaient offertes, ont-elles posé aux constructeurs le problème qui consiste à débiter les bois suivant le fil, en obtenant toujours la rapidité dûe à l'emploi d'un grand nombre de lames dans un même châssis.

Un constructeur de Liége a résolu avec succès ce problème, pour une forte maison du Nord. La scierie sortie des ateliers liégeois l'année dernière, comporte une machine de quarante chevaux à détente variable, dix tables de scies circulaires à chariots, disposées en gradins, pour débiter les biles et les équarrir; un cadre ordinaire de treize lames; et deux cadres chacun de dix lames disposés de façon que celles-ci possèdent sur leur châssis un mouvement transversal propre, qui, combiné avec le mouvement longitudinal du traineau, fournit un trait de scie oblique.

Par cette disposition une poutre ordinaire, droite, se trouve partagée en dix planches suivant le fil de ses fibres, et une pièce conique, enlevée au centre constitue le déchet. Pour cela, les dix lames sont partagées en deux systèmes, qui vont se rapprochant après chaque trait de scie.

Pour les arbres tortueux, le mécanisme est complété par l'addition d'un support qui permet au scieur de dévier la pièce à mesure qu'elle avance avec le traineau, en suivant les indications données par un fil à plomb constamment suspendu au-dessus de la courbe médiane préalablement tracée sur l'arbre. Ce système, qui marche depuis l'automne dernier, a déjà donné de tels résultats que les propriétaires de l'usine ont résolu immédiatement de lui donner plus d'extension et qu'ils ont fait une nouvelle commande de cadres semblables : l'invention a donc reçu sa sanction pratique, et en affranchissant à son tour ce genre d'industrie, des caprices et des lenteurs de la main d'œuvre, en permettant de ne plus reculer devant de grandes fournitures, elle nous semble réaliser un progrès sérieux.

EXPOSITION INTERNATIONALE DE LONDRES.

1862.

Composition des Jurys (1).

CLASSE I. — EXPLOITATION DES MINES, MINIÈRES ET CARRIÈRES. MÉTALLURGIE ET PRODUITS MINÉRAUX.

1. SAMUEL BLACKWELL, F G. S., *Dudley*, ingénieur des mines.
2. J. A. C. DAS NEVES CABRAL, *Portugal*, inspecteur des mines.
3. CHARLES COMBES, *France*, membre de l'Institut, inspecteur général et directeur de l'École des mines.
4. DE VAUX, *Belgique*, membre de la classe des sciences de l'Académie royale de Belgique, inspecteur général des mines.
5. Le lieutenant-général ALEX. GERNGROSS, *Russie*, directeur du départe ment des mines.
6. Sir W. LOGAN, *Canada*, directeur du conseil géologique du Canada.
7. FRANCISCO LUXAN, *Espagne*, sénateur.
8. Sir RODERICK MURCHISON, F. R. S, F. G. S, PRÉSIDENT, *Londres*, directeur général du Conseil géologique et de l'École des mines du gouvernement.
9. C. OVERWEG, *Zollverein*, propriétaire.
10. PERCY, M. D., F. R S.. F. G. S., *Londres*, professeur de métallurgie à l'École des mines du gouvernement, 2, Craven-hill.
11. ARCHANGELO SACCHI, *Italie*, sénateur, professeur de minéralogie.
12. WARINGTON W. SMYTH, M. A., F. R. S., F. G. S., *Londres*, professeur d'exploitation des mines.
13. THOMAS SOPWITH, F. R. S., F G. S., *Newcastle*, ingénieur des mines, 43, Cleveland Square, W.
14. K. STYFFE, *Suède*, directeur de l'Institut royal polytechnique à Stockholm.
15. PETER TUNNER, *Autriche*, directeur de l'École impériale des mines à Leoben.
16. H. HUSSEY VIVIAN, M P, F. G. S., *Swansea*, propriétaire de mines, 5.
17. NICHOLAS WOOD, F. G. S., *Newcastle*, ingénieur des mines.

---

(1) Nous avons cru devoir nous borner aux principales industries qui rentrent dans le cadre de la *Revue Universelle*.

CLASSE II.

Section A. — *Produits chimiques.*

1. Frederick Anton, Chem. D., *Autriche*, professeur de chimie.
2. Balard, Président, *France*, professeur au Collége de France et à la Faculté des sciences.
3. E. H. Von Baumhauer, *Pays Bas*, professeur de chimie à l'Université d'Amsterdam et membre de l'Académie.
4. A. Bernays, Ph. D., *Inde*, professeur de chimie.
5. Chandelon, *Belgique*, professeur de chimie à l'Université de Liége, membre de l'Académie royale de médecine.
6. E. Frankland, Ph. D., F. R. S., secrétaire de la Société chimique.
7. Le professeur G Forchammer, *Danemark*, secrétaire de la Société royale des sciences à Copenhague.
8. Wm. Gossage, *Warrington*, fabricant de produits chimiques.
9. T. Graham, F. R. S., *Londres*, directeur de la Monnaie, vice-président de la Société chimique.
10. A. W. Hofmann, *Londres*, F. R. S., Ph. D., président de la Société chimique, professeur de chimie à l'École des mines du gouvernement.
11. Kunheim, Ph. D., *Zollverein*, fabricant, Berlin.
12. A. V. Lourenco, *Portugal*, professeur de chimie à l'Ecole polytechnique de Lisbonne.
13. D. A. Muller, *Suède*, professeur de chimie à l'Académie royale d'agriculture à Stockholm.
14. Raffaele Piria, *Italie*, membre du Parlement italien, ancien ministre de l'instruction publique, Naples, professeur de chimie.
15. James Young, F. R. S. E, F. C. S., *Edimbourg*, fabricant de produits chimiques.

CLASSE IV. — Substances animales et végétales employées dans l'industrie.

Section A. — *Huiles, graisses, cire et leurs produits.*

1. J. Ben Heath, *Italie*, consul général.
2. J. Kerckhoff, M. D., *Pays-Bas*, professeur de chimie à l'Université de Groningue.
3. S. Marcoran, *Iles Ioniennes*.
4. Emmanuel Mavrogordato, *Grèce*, négociant.
5. T. J. Miller, *Londres*, fabricant de bougies.

6. W. A. Miller, F. R. S., *Londres*, professeur de chimie à King's College.
7. A. Payen, *France*, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'École des arts et manufactures.
8. Émile Seybel, *Autriche*, membre de la Chambre de commerce de Vienne.
9. Stas, *Belgique*, membre de la classe des sciences de l'Académie Royale de Belgique.
10. Dr Stein, *Zollverein*, professeur de chimie à Dresde.
11. T. Tompson, M. D., *Indes*, directeur des jardins botaniques à Calcutta.
12. W. Williams, *Londres*, savonnier.
13. G. Wilson, F. R. S., *Londres*, directeur de la fabrique des bougies brevetées de Price.

Section B. — *Autres substances animales employées dans l'industrie.*

1. Capt. C. Bagot, *Australie du Sud.*
2. Bella, *France*, directeur de l'Institut agricole à Grignon.
3. Samuel Birchall, *Nouvelle-Galle du Sud*, négociant en laines.
4. Georges Busk, F. R. S., *Londres*, secrétaire de la Société Linnéenne.
5. Robert Czilchert, *Autriche*, propriétaire.
6. Sir Frederick J. Halliday, *Indes*, ancien gouverneur du Bengale.
7. J. G. Homere, *Grèce*, négociant.
8. J. Jowitt, *Comté de la Reine*, négociant en laines.
9. Antonio Marchetti, *Italie*, membre du Parlement italien.
10. J. J. Mechi, *Londres*, alderman.
11. P. L. Sclater, F. R. S., *Londres*, secrétaire de la Société zoologique.
12. L. Scholler, *Zollverein*, conseiller intime à Duren.
13. J. Stebut, *Russie*, professeur d'agriculture au Collége agricole de Gorigoretsk.

Section C. — *Substances végétales employées dans l'industrie.*

1. T. Archer, F. R. S. E., *Edimbourg*, directeur du Musée de l'industrie à Edimbourg.
2. Barral, *France*, membre de la Société Impériale d'agriculture.
3. Robert Fauntleroy, *Londres*, marchand de bois de construction.
4. J. D. Hooker, M. D., F. R. S., F. G. S., *Londres*, directeur des Jardins royaux à Kew.
5. J. B. Hurlbert, *Canada.*
6. Sir Robert Kane, F. R. S., *Dublin*, directeur du Musée irlandais de l'industrie.

7. J. Miers, F. R. S., *Brésil*.
8. Philippo Parlatore, *Italie*, professeur de botanique au Musée d'histoire naturelle à Florence.
9. W. Henry Peat, *République de l'Amérique du Sud.*
10. Georges Peterson, *Russie*, membre du Comité scientifique des terres de la couronne et du Conseil des manufactures.
11. K. Riddel, *Indes*, ancien chirurgien en chef de l'armée du Nizam.
12. W. W. Saunders, F. R. S., *Tasmanie*, vice-président de la Société Linnéene.
13. Chev. de Schwarz, *Autriche*, Président, conseiller impérial, directeur du consulat général d'Autriche à Paris.
14. M. A. Sevastopoulo, *Grèce*, négociant.
15. Dr Thiel, *Zollverein.*

CLASSE V. — Chemins de fer, locomotives et wagons.

1. Wm. Parker, C. E. *Londres*, ingénieur du *North Werstern Railway Company.*
2. G. P. Bidder, ancien président de l'Association des ingénieurs civils.
3. Flachat, *France*, ingénieur des chemins de fer.
4. James Kitson, *Leeds*, maire de Leeds, constructeur de locomotives.
5. Kruger, *Zollverein*, directeur des ateliers royaux de machines, à Dirscham.
6. Z. F. Mc. Connell, *Wolverton*, ancien directeur de la traction sur le *London and North Western Railway.*
7. Spitaels, *Belgique.*
8. Arch. Sturrock, *Doncaster*, ingénieur de la traction sur le *Great Northern Railway.*
9. Le Duc de Sutherland, Président, *Londres.*
10. Col. Yolland, R. E. F. R. S. *Londres*, inspecteur des chemins de fer.

CLASSE VII. — Machines et outils.

Section A. — *Outillage de l'industrie textile.*

1. Boettcher, *Zollverein*, professeur à l'Ecole industrielle de Chemnitz.
2. Callon, *France*, ingénieur en chef au corps impérial des mines.
3. J. Cheetham (filateur de coton), *Haley-bride.*
4. M. Curtis, *Manchester*, constructeur de machines.
5. Ben. Fothergill, *Londres*, ingénieur.
6. Kindt, *Belgique*, inspecteur de l'industrie au ministère de l'intérieur.
7. Marshall, *Leeds*, filateur de lin.

SECTION B — *Machines et outils employés dans le travail du bois et des métaux.*

1. J. ANDERSON, *Woolwich*, sous-directeur de la fonderie de canons à l'arsenal de Woolwich.
2. W. FAIRBAIRN, F. R. S. PRÉSIDENT, *Manchester*, ingénieur.
3. ROBT. MALLET, F. R. S., *Londres*, vice-président de la Société des ingénieurs civils irlandais.
4. REV. H. MOSELEY, M. A., F. R. S, *Bristol*, membre du Conseil des études militaires.
5. DR. RÜLMANN, *Zollverein*, professeur à Hanovre.
6. SÉGUIER, *France*, membre de l'Institut.
7. WHITWORTH, F. R. S., *Manchester*, ingénieur.

CLASSE VIII. — MACHINES EN GÉNÉRAL.

1. L. R. BODMER, *Suisse*, ingénieur.
2. Chevalier DE BURG, *Autriche*, conseiller impérial, président de la Société des arts et manufactures à Vienne.
3. Comte DE CAITHNESS, *Londres*.
4. M. CHEVALIER, PRÉSIDENT, *France*, sénateur, membre de l'Institut.
5. J. HAWKSHAW, F. R. S., F. G. S., *Londres*, président de la Société des ingénieurs civils.
6. HICK, *Bolton*, ingénieur civil.
7. J. M. DE PONTE HORTA, *Portugal*, professeur de mathématiques à l'École polytechnique de Lisbonne.
8. W. N. NEILSON, *Londres*, ingénieur civil.
9. JOHN PENN, *Londres*, ingénieur mécanicien.
10. O. PIHL, *Norway*, ingénieur civil.
11. DU PRÉ, *Belgique*, ingénieur en chef honoraire des ponts et chaussées.
12. W. MACQUORN RANKINE, *Glasgow*, professeur de mécanique à l'université de Glasgow.
13. F. B. TAYLOR, *États Unis*, ingénieur mécanicien.
14. THOMAS, *Zollverein*, fabricant à Berlin.

CLASSE X. — GÉNIE CIVIL, ARCHITECTURE.

SECTION A. — *Génie civil et art de bâtir.*

1. DELESSE, *France*, ingénieur au corps impérial des mines, professeur à l'École Normale, président de la Société géologique.
2. J. KELK, *Londres*, entrepreneur du palais de l'Exposition.
3. KOCH, *Zollverein*, conseiller du gouvernement à Berlin.

4. Leclerc, *Belgique*, inspecteur de l'agriculture et ingénieur des ponts et chaussées.
5. Maurice Loehr, *Autriche*, conseiller impérial au département du commerce et des travaux publics.
6. C. Manby, *Londres*, secrétaire honoraire de la Société des ingénieurs civils.
7. Thomas Page, *Londres*, ingénieur civil.
8. Sir J. Rennie, F. R. S, F. G. S., *Londres*, ingénieur civil.
9. Marquis de Salisbury, K. G., Président, *Londres*.
10. Cesare Valerio, *Italie*, membre du parlement italien.

Section B. — *Dispositions et perfectionnements au point de vue de la salubrité.*

1. Neil Arnott, M. D., F. R. S., *Londres*, auteur de traités sur le chauffage et la ventilation.
2. J. W. Bazalgette, ingénieur du bureau des travaux publics de Londres.
3 Bommart, *France*, inspecteur général au corps impérial des ponts et chaussées.
4. Sir Joseph Olliffe, *Londres*, médecin de l'ambassade anglaise à Paris.
5. R. Angus Smith, M. D., F. R. S., *Manchester*, secrétaire de la Société littéraire et scientifique de Manchester.
6. J. Sutherland, M. D., *Londres*, inspecteur des cimetières

Section C. — *Décoration architecturale.*

1. Stavros Dilberoglue, *Grèce*.
2. S L. Donaldson, Ph D., *Londres*, professeur d'architecture.
3. Theo. Jordan, *Russie*, membre de l'Académie impériale des beaux arts.
4. A. L. J. Meier, *Allemagne du Nord*, architecte.
5. Gilbert Scott, *Londres*, architecte.
6. Syd. Smirke, *Londres*, architecte.
7. W. Tite, F. R. S., *Londres*, président de la Société royale d'architecture.
8 E. Trélat, *France*, professeur au Conservatoire des arts et métiers.

CLASSE XI. — Arts militaires.

Section C. — *Artillerie.*

1 Sir William Armstrong, F. R. S., *Londres*, directeur de la Fonderie Royale de canons.
2 Le lieutenant-général Cavalli, *Italie*.
3. Le général Guiod, *France*, commandant l'artillerie de la 1re division
4. Le général A. Gordon, *Londres*.
5. Le major général Hay, *Londres*, inspecteur des armes à Hythe.
6. Le colonel Messoud Bey, *Turquie*.

7. MICHEELS, *Belgique*, lieutenant colonel d'artillerie, sous-inspecteur de la manufacture d'armes à Liége.
8. NICOLAS NOVITZKY, *Russie*, colonel de la garde impériale
9. WESTLEY RICHARD, *Birmingham*, fabricant de fusils rayés.
10. Le colonel ST-GEORGE, *Woolwich*, président du comité d'artillerie.
11. LORD VERNON, *Londres*.
12. WEYERSBERG, *Zollverein*, fabricant à Solingen.

CLASSE XXIII. — TEINTURE.

1. P. BOLLEY, PRÉSIDENT, *Suisse*, professeur de chimie à Zurich.
2. CRACE CALVERT, F. R. S., *Manchester*, professeur honoraire de chimie à l'Institut royal de Manchester
3. R. DALGLISH, *Glasgow*, imprimeur d'indiennes.
4. ALEX. HARVEY, *Glasgow*, teinturier.
5. F. LEITENBERGER, *Autriche*, fabricant.
6. J. MERCER, F. R. S., *Accrington*, imprimeur d'indiennes.
7. A NEILD, *Manchester*, imprimeur d'indiennes.
8. PERSOZ, *France*, professeur au Conservatoire des arts et métiers
9. M REICHEMHEIM *Zollverein*, fabricant à Berlin.
10. J. S. STERN, *Manchester*, négociant.

CLASSE XXVIII. — PAPIER, PAPETERIE, IMPRIMERIE ET RELIURE

SECTION A. — *Papier, carton et cartonnage.*

1. BART. CINI, *Italie*, membre du Parlement italien.
2. CHARLES COWAN, F. R. S., *Edimbourg*, fabricant de papier.
3. E. HOESCH, *Zollverein*.
4. WYNDHAM S. PORTAL, *Basingstoke*, fabricant de papier,
5. SAINTE-CLAIRE-DEVILLE, *France*, membre de l'Institut, professeur à l'Ecole normale.
6. W. R. SPICER, *Londres*, négociant en papier.

CLASSE XXXI. — MÉTAUX OUVRÉS.

SECTION A. — *Fers.*

1. J. G. APPOLT, F. R. S, *Londres*.
2. WILLIAM BIRD, *Londres*, négociant en fer et fer blanc.
3. GUILIO CURIONI, *Italie*, secrétaire de l'Institut lombard des sciences
4. DAUBRÉE, *France*, ingénieur en chef au corps impérial des mines, professeur au Muséum d'histoire naturelle.
5. CHEV. DE FRIDAU, *Autriche*, propriétaire d'usines de fer et d'acier en Styrie.
6. A. GRILL, *Suède*, directeur des mines.

7. H. E Hoole, *Sheffield*, fabricant de grilles de foyer.
8. S. J. Oakes, *Alfreton*, maître de forges.
9. Dr D S. Price, F. C. S., *Londres*.
10 L. Ravené, *Zollverein*, fabricant à Berlin.
11. Georges Shaw, *Birmingham*, agent pour les brevets d'invention.
12. L. Trasenster, *Belgique*, ingénieur honoraire des mines, professeur d'exploitation des mines à l'université de Liége.

Section B. — *Laiton et cuivre.*

1. S Buckley, *Birmingham*, négociant.
2. E. Gem, *Birmingham*, négociant.
3. P. C. Hardwick, *Londres*, architecte.
4. De Longpérier, *France*, membre de l'Institut, conservateur du Musée du Louvre.
5. Ferdinand Stamm, Ph. D., *Autriche*, membre du Parlement autrichien.
6. Dr Von Steinbeis, Président, *Zollverein*, directeur du Conseil royal d'industrie et de commerce, à Stuttgardt
7. A Taylor, *Londres*, fondeur en laiton.

Section C. — *Plomb, étain, zinc et métaux en général*

1. Robert Fletcher, *Birmingham*, négociant.
2. Goldenburg, *France*, fabricant.
3. W. A Rose, *Londres* alderman, négociant en plomb.
4. Stobwasser, *Zollverein*, fabricant à Berlin.
5. J. S. Wyon, *Londres*, graveur en chef des sceaux royaux.

CLASSE XXXII. — Acier.

Section A — *Aciers ouvrés.*

1. J. Brown, maire de *Sheffield*.
2. Fremy, *France*, professeur au Muséum d'histoire naturelle et à l'Ecole polytechnique.
3. Robert Jackson, *Sheffield*, fabricant d'acier.
4. Thomas Jessop, *Sheffield*, fabricant d'acier.
5. Dr Karmarsh, *Zollverein*, directeur de l'Ecole royale polytechnique, à Hanovre.

Section B — *Coutellerie et outils tranchants.*

1. Henry Atkin, Esq, *Londres*, négociant, ancien coutelier.
2. De Hennezel, *France*, ingénieur au corps royal des mines
3. M. Hunter, *Sheffield*, coutelier.
4. Wm. Matthews, *Sheffield*, ancien coutelier.

5. Basile Roshkof, *Russie*, colonel au corps des ingénieurs des mines.
6. Wertheine, *Autriche*, vice-président de la Chambre de commerce, à Vienne.
7. Lord Wharncliffe, *Londres*, Président.

CLASSE XXXIV. — Verre.

Section A. — *Verres de couleur et glaces.*

1. J R Clayton, *Londres*, fabricant de verres de couleur.
2. W. Dyce, *Londres*, architecte royal.
3. Sir Philip de M. Grey Egerton, M. P. F. R. S. *Londres*.
4. J. R. Herbert, R. A. *Londres*.
5. E. Peligot, *France*, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

Section B. — *Verres pour usage domestique et verres de fantaisie.*

1. R. L. Chance, *Birmingham*, verrier.
2. Alf. Copeland, *Londres*, verrier.
3. Jos Hartley, *Sunderland*, verrier.
4. Jonet, *Belgique*, membre de la Chambre de commerce de Charleroy.
5. Apsley Pellatt, *Londres*, ancien verrier.
6. Pelouse, Président, *France*, membre de l'Institut, président de la Commission des monnaies.
7. Fréd. Schmitt, *Autriche*, secrétaire du Comité de statistique au ministère du Commerce à Vienne.
8. Wisthoff, *Zollverein*, fabricant à Koenigs-Stelle.

CLASSE XXXV. — Poterie.

1. Marquis d'Azeglio, *Italie*, envoyé extraordinaire et ministre plénipotentiaire.
2. Thomas Battam, F S. A., *Londres*.
3. Right hon. W. E. Gladstone, M. P. Président, *Londres*.
4. Sir Thos Gresley, baronet, *Burton on Trent*.
5. J. Marryat, *Londres*, banquier.
6. Regnault, *France*, membre de l'Institut, ingénieur en chef au corps impérial des mines, directeur de la manufacture impériale de Sèvres.
7. J. G Robinson, *Londres*, directeur au Musée de South Kensington.
8. Ch Fisher, *Zollverein*, fabricant de porcelaine.
9. J. Webb, *Londres*.

BIBLIOGRAPHIE.

ANNALES DU CONSERVATOIRE IMPÉRIAL DES ARTS ET MÉTIERS.

Janvier 1862.

DOUZE LEÇONS SUR LA VERRERIE, PAR M. PÉLIGOT.

Les annales dont nous rendons compte, ont été instituées, non-seulement pour donner de la publicité aux travaux particuliers des savants qui composent le corps enseignant du Conservatoire, mais aussi pour recueillir les points principaux de leur enseignement et les semer dans un champ plus vaste que celui des auditoires.

On sait qu'une des branches sur lesquelles se fonde à juste titre l'honneur industriel de la France, est la grande verrerie, la fabrication des glaces. Nos progrès éminents dans cette carrière sont d'une date trop récente pour laisser dans l'oubli la supériorité incontestable dont nos voisins ont joui si longtemps : si nous sommes arrivés à être pour eux, et dans leur opinion même, des rivaux sérieux, c'est que, grâce aux larges concours ouverts à Londres en 1850, à Paris en 1855, nous avons pris notre mesure et nous en sommes revenus décidés à profiter plus que jamais d'un des plus grands avantages dont puisse se flatter un peuple industriel, c'est l'excellente direction donnée depuis près de vingt ans à nos études chimiques.

Les encouragements reçus par quelques personnes aux expositions universelles ne seraient qu'un mince résultat de tant d'efforts et de déplacements si onéreux; mais si la Belgique n'a pas toujours été traitée dans ces luttes avec toute la courtoisie due à sa valeur, l'esprit d'observation qui la caractérise a su récolter des fruits là où ne semblaient croître que de rares et fastueux lauriers Elle s'est comparée, elle s'est jugée : sa vitalité s'est accrue de toute la puissance d'une volonté renouvelée dans le sentiment d'une force réelle.

Nous n'avons guère à envier à nos voisins, disons-nous, sous le rapport de l'enseignement technique et surtout de nos laboratoires de chimie géné-

rale et appliquée : nous allons y puiser en abondance, et la science et la pratique, voir les faits et apprendre à les manipuler, nous identifier avec toutes les transformations de la matière, nous exercer à les diriger avec sûreté, après avoir entendu des maîtres savants et habiles démontrer les lois de ces transformations et en discuter les procédés. Que nous faut-il de plus? Cependant nous trouvons *un grand plaisir*, nous allions dire *du charme*, à la lecture des leçons de M. Péligot sur la verrerie, sujet qui ne nous est rien moins que familier. Eh bien notre enseignement, pour être complet, devrait aussi se propager au dehors, fournir de ces pages non-seulement faciles à lire, mais encore *faciles à relire*, utiles pour toutes les personnes que toutes sortes de circonstances tiennent éloignées de la parole des maîtres et agréables pour l'ingénieur, heureux d'y trouver dans ses fugitifs loisirs, un écho lointain de l'auditoire réveillant les plus nobles souvenirs de sa jeunesse.

M. Péligot trace à grands traits, mais toujours avec une clarté irréprochable, toutes les propriétés des différentes classes *de verres*, dépendant naturellement de leur composition extrêmement variable; passe en revue les qualités nécessaires aux vases dans lesquels doit s'opérer la fusion du mélange vitrifiable, et leur fabrication, et traite spécialement de la fabrication particulière de chacune des espèces de verres marchands, le verre à vitre, les glaces (1), le verre à bouteilles, la gobeleterie, le verre de Bohême, le cristal et les verres de couleur; enfin il rappelle en quelques mots l'historique intéressant des fameux verres d'optique de Frauenhofer ou de Guinand, et termine par les détails de leur composition et de leur fusion.

La notice de M. Salvétat, sur la peinture sur verre, est un complément curieux des leçons sur la verrerie. Cet art est décrit dans ses trois phases, se fondant sur des procédés assez différents et qui marquent d'une façon assez tranchée la chronologie du progrès. La première période ou classe est la peinture *en verre*, où le peintre proprement dit n'intervient nullement, et où le talent de l'artiste consiste dans le choix et l'arrangement des verres de couleur pour en composer des dessins plus ou moins nets. La seconde période se fonde sur un développement beaucoup plus avancé des connaissances des propriétés du verre et des couleurs propres à s'y fixer, et emprunte ses ressources à l'industrie des verres de couleur et au talent du peintre. Enfin, la troisième classe, toute moderne, comprend la peinture sur glace; on n'y emploie que du verre blanc et des couleurs propres à s'y appliquer; l'artiste qui s'y adonne doit donc réunir à ses qualités naturelles les plus délicates,

(1) La plus grande partie de ce chapitre est empruntée à l'article publié par M. Valerio dans la *Revue universelle*, juillet 1857 et janvier 1859.

les ressources que lui offre la science chimique pour apprécier les éléments de son travail.

Machine de M. Dietz *rabotant les bois de charpente sur les quatre faces.* Jusqu'à présent, les machines à dresser les faces planes de bois ne sont pas arrivées à livrer des pièces que la main de l'ouvrier ne dût pas retoucher. Toutefois, la construction du matériel roulant des chemins de fer a aujourd'hui recours à ces puissants auxiliaires, pour les pièces de grandes dimensions et qui ne demandent pas un fini très-rigoureux. A en juger par la description de M. Tresca, la machine de M. Dietz se distingue par la rapidité et la bonne exécution du travail.

Cette livraison se termine par une revue de l'exposition des arts industriels faite l'année dernière à Paris. Il n'est pas étonnant que la France ait tardé à songer à un concours de ce genre, inauguré depuis plusieurs années déjà en Belgique et en Angleterre. Habituée à ne pas se connaître de rivale, l'industrie artistique parisienne semblait s'être mise d'elle-même hors concours; elle n'a dû être poussée dans cette voie que par la révolution rapide qui s'est opérée depuis quelques années dans les procédés de l'art industriel, révolution dont la prodigieuse fécondité a enfanté tant de nouvelles choses inespérées, qu'une vue d'ensemble devait être forcément désirée. Le résultat le plus précieux de cette exposition, c'est qu'elle nous permet d'espérer, grâce aux progrès de la fabrication, de voir *le bon marché envahir le beau*, et que, si celui-ci est resté jusqu'à présent encore un des priviléges des grandes fortunes, il finira par se populariser et se mettre à la portée des gens de goût de toutes les conditions.

L. P.

BERG-UND HÜTTENMÄNNISCHE ZEITUNG.

RED. K. BORNEMAN ET B. KERL.

Année 1862. — Nos 1 à

Sur l'extension possible de l'exploitation du soufre à Swoszowice au Sud de Cracovie, par C. Zerreuner, *de Gotha.*

Les mines de soufre de l'Autriche ne peuvent suffire à la consommation intérieure, et avant la guerre d'Italie la Sicile lui en livrait plus d'un million de kilogrammes. Ces mines sont cependant assez nombreuses et se trouvent spécialement à Torja, dans la Hongrie et aux environs de Cracovie. Mais la Hongrie qui, en 1834, fournissait annuellement près d'un demi million de kilogrammes de soufre, n'en produit plus aujourd'hui que 30 à 40,000 k.

Les mines de Swoszowice,au sud de Cracovie,sont dans le voisinage de la célèbre mine de sel de Wieliczka, et leur produit annuel s'élève à plus de 600,000 kilog. de soufre brut. Depuis la dernière guerre, on a tenté de nombreuses recherches qui ont fait reconnaître le prolongement de ce dernier gisement sur une grande étendue. La roche est une marne jurassique qui contient le soufre, tantôt à l'état cristallin dans des druses, ou en incrustation. et tantôt cette marne est plus ou moins marbrée de soufre jaune terreux assez impur, ce qui tend à faire croire que ce ne sont que des marnes imprégnées de soufre après leur formation. Cette roche entremêlée de parties de soufre présente une texture bréchiforme prononcée. Il n'y a que deux de ces couches de marnes qui contiennent assez de soufre pour être utilement exploitées : Dans la couche supérieure le soufre est à l'état granuloso-terreux, assez uniformément disséminé, tandis que dans la couche inférieure, il est mieux séparé de la marne sous formelde rognons, parfois pugilaires En moyenne, la couche exploitée donne 14 °/₀ de soufre et les rognons seuls ont une teneur de 60 à 80 °/₀.

C'est en s'appuyant sur différents sondages exécutés en divers endroits, et sur les données géologiques des terrains environnants qu'on a pu affirmer la présence du soufre exploitable dans un espace elliptique dont le grand axe, partant de Swozowice, se prolongerait jusqu'au voisinage Nord de Swiatniki.

La contrée entre Lusina, Swoszowice et Opatowice présente aussi beaucoup de chances de succès dans les recherches. Mais ce n'est que par l'introduction des machines à vapeur, dans cette contrée où l'eau est rare, que l'on peut espérer pouvoir pousser avec fruit l'exploitation, car, actuellement, les frais sont si élevés qu'on ne peut guère arriver à des prix bien rémunérateurs

Sur les machines à percer les trous de mine, par SCHUMANN, SOMMELIER *et* SCHWARZKOPF.

Cet article, accompagné d'une planche, donne une description détaillée et raisonnée de ces trois espèces de machines trop compliquées pour que nous puissions les esquisser ici.

L'article se termine par une discussion des conditions que doit remplir toute machine de cette espèce devant fonctionner dans les galeries souterraines et que nous résumerons comme suit :

1° Être facilement transportables et permettre de donner promptement au fleuret n'importe quelle direction.

2° Être d'une construction simple et solide, attendu qu'elle doit être manœuvrée par des ouvriers peu experts dans la conduite des machines et que les réparations doivent se faire le plus souvent par le forgeron de la mine.

3° Ces machines doivent autant que possible se régler d'elles-mêmes; c'est cette qualité que l'on ne trouve généralement pas dans les machines à percer. Elle existe bien dans la machine de Sommelier, mais celle-ci est si compliquée que l'on doit craindre pour le bon entretien et la durée.

Il serait bon aussi que le fleuret pût, de lui-même, tourner plus ou moins selon la dureté de la roche qu'il attaque.

4° Enfin la force motrice de ces machines doit être telle qu'au bon marché elle réunisse la qualité de pouvoir être dirigée au loin sans perte.

L'air comprimé paraît être le moteur le plus convenable mais il faut essentiellement que l'on puisse le comprimer sans grands frais, comme cela a lieu au Mont-Cénis.

Quelque bien qu'une machine à percer les trous de mines réponde aux conditions précédentes, elle n'en est pas moins sujette à quelques inconvénients que l'on doit s'attacher à diminuer le plus possible. Ces inconvénients sont d'abord 1° la perte de temps occasionnée par le placement de la machine et par son avancement à mesure du battage. Si la machine roule sur une voie ferrée, comme cela a lieu au Mont-Cenis, cette perte de temps est de beaucoup amoindrie 2° Une autre perte de temps qui est occasionnée par le curage des trous, le chargement, etc ; et certes ce temps sera considérable tant que notre mode de faire sauter à la poudre restera ce qu'elle est. Cette perte de temps est d'autant moins importante que l'on perce plus de trous à la fois et serait complètement évitée si l'on employait des machines à percer, d'après le système proposé, il y a dix ou douze ans, par notre compatriote, M. Maus.

L'auteur termine en appelant toute l'attention des ingénieurs sur le modèle des fleurets-scies qui ont été proposés (tome X des *Annales des travaux publics*) par un autre belge, M. le lieutenant-colonel Coquilhat.

Les fonderies de fer de Berlin, par Durre.

Dans cet article, où l'on peut trouver maints renseignements, l'auteur donne des aperçus historiques, techniques, commerciaux et statistiques sur les principales fonderies de Berlin, à la plupart desquelles sont annexés des ateliers de construction de machines. Cette industrie a pris un tel développement dans la capitale de la Prusse qu'annuellement plus de huit cents ouvriers sont occupés à donner à quinze millions de kilogrammes de fonte toutes les formes que réclame l'usage si important et si varié de ce métal.

L'auteur termine par quelques données économiques sur la manière d'engager les ouvriers et de rémunérer le travail fait par eux, soit par accord, soit à la journée.

Préparation du cuivre de cément au moyen de l'éponge de fer (minerai réduit par les gaz).

M Aas de Thydal, en Norwège, s'est fait breveter pour un procédé applicable au traitement des pyrites contenant assez de chalcopyrite pour donner une teneur de 2 à 3 °/₀ de cuivre. Cette pyrite est grillée, lavée, puis mélangée à du menu charbon et réduite au moyen des gaz, ce qui demande peu de combustible et donne du fer en éponge à un prix bien inférieur à celui de la fonte. Ce fer précipite rapidement de la dissolution un peu échauffée tout le cuivre à l'état d'un cément d'une teneur de 50 °/₀ de cuivre Pour précipiter 100 de cément il faut 2 à 300 de fer en éponge.

On doit essayer à Foldal ce procédé comparativement avec le procédé Sinding où l'on précipite le cuivre au moyen de l'acide sulfhydrique.

Les sources thermales intermittentes de Neuenahr dans la province rhénane, par le professeur NÖGGERATH, *de Bonn.*

Depuis quelques années, Neuenahr, dans la vallée de l'Ahr, a pris une des premières places parmi les localités les plus visitées de l'Allemagne pour leurs eaux.

Les dégagements abondants d'acide carbonique qui ont lieu au pied de la montagne basaltique de Neuenahr, donnèrent l'idée de forer des puits et effectivement cinq sources thermales furent ainsi percées à différentes profondeurs. Une Société par action se fonda bientôt pour les exploiter, quand une source intermittente vint à jaillir dans tout son éclat. La manière dont elle prit naissance est assez curieuse pour que nous en disions quelques mots Le puits où elle se montra avait été approfondi jusqu'à une profondeur de 280 pieds de profondeur et l'on avait obtenu une eau de 35° R Ce puits était tubé sur 220 pieds de profondeur, d'abord par un tubage de 15 pouces sur 90 pieds de profondeur et ensuite par un tubage intérieur de 11 pouces, mais pour n'avoir à la surface que les eaux du fond, on voulut bétonner l'intervalle entre les deux tubages en allant jusqu'à la base du second tubage; pour cela, on remplit le puits de sable sur une profondeur de 110 pieds, afin de donner une bonne base au béton ; le bétonnage opéré, on était occupé à retirer ce sable dont il restait encore une hauteur de 20 pieds; quand la source jaillit avec force, entraînant avec elle, non seulement tout ce sable, mais aussi des fragments assez gros de grès et de quarz, que la violence du courant rejeta par dessus les bords du puits L'eau continua quelque temps à jaillir, mais après deux heures, le phénomène avait cessé pour recommencer quelques heures après. Depuis lors, il apparait régulièrement à des intervalles variables de 2 à 3 heures, tandis que les jaillissements durent de 1 1/2 à 2 heures.

Pour rendre le phénomène plus remarquable et plus imposant, on a garni le dessus de tubage d'un ajutage de 5'' seulement de diamètre et les eaux, jaillissant soudainement, atteignent une hauteur de 55 à 60', qu'elles conservent pendant une demi-heure. Il est tout naturel que la durée des intermittences ait été allongée par ce changement.

Le terrain dans lequel cette source est percée est un grès dévonien recouvert d'un limon caillouteux de 60' d'épaisseur et reposant probablement sur le basalte qui forme les montagnes nombreuses des environs

Observation démontrant les effets du sulfate de cuivre pour la conservation des bois, par C. WELTZ.

L'auteur ayant visité la mine de cuivre de Rio-Tinto, déjà exploitée du temps des Romains, et ayant trouvé les galeries boisées en très-bon état de conservation, l'attribue au sulfate de cuivre dont tous les étais sont imprégnés. Le bois est noirci et çà et là bariolé de dendrites de cuivre métallique et de cristaux de sulfate. La date de la construction de cette galerie peut remonter au règne de l'empereur Nerva en l'an 97 de notre ère, ainsi qu'une plaque de cuivre gravée, trouvée dans le voisinage de cette galerie, le constate.

Description d'une pompe à vapeur employée à l'intérieur d'une mine de Newcastle. (D'après le *Mining Journal*, n° 1373, vol XXXI.)

A cette mine on exploite en dessous du niveau du puits et l'on a à extraire de ce champ d'exploitation à peu près 150 gallons d'eau par minute. C'est pour l'épuisement de cette eau qu'on a établi dans l'intérieur de la mine une pompe à vapeur alimentée par une chaudière placée au jour, au moyen d'une conduite de 530 pieds de longueur. Cette conduite est formée de tuyaux de 9' de longueur et d'une diamètre de 5''; ces tuyaux sont à collets alésés et assemblés avec une plaque de caoutchouc Ils sont emmuraillés sur toute la longueur du puits et des galeries, afin de les soustraire au refroidissement et surtout afin de ne pas trop échauffer l'air de la mine. La vapeur, avant de se rendre dans le cylindre de la machine à vapeur, passe d'abord par un espace de 100' cubes où elle se débarrasse de l'eau de condensation Malgré la grande quantité de cette eau de condensation, la pression de la vapeur est à peine sensiblement un peu moindre que la pression à la chaudière, qui est de 35 ℔.

La tige manœuvrée par la machine repose sur des cylindres-poulies de 18 en 18'; elle n'est pas d'une inclinaison constante et n'est pas complètement droite, sans cependant qu'il y ait aucune disposition particulière. La tige agit au milieu du bras d'un balancier dont les deux extrémités portent les plongeurs d'une pompe qui soulève 204 gallons par minute à un niveau supérieur de 40'.

Pour parer aux éventualités, on ne pouvait se contenter de cette seule pompe qui ne donnait qu'une cinquantaine de gallons de réserve, et comme l'on extrayait aussi la houille de ce champ d'abattage, au moyen d'une petite machine mue également par de la vapeur arrivant du jour, on a fait passer le câble sans fin qui servait à l'extraction sur une poulie creusée en gorge et placée au bas du champ. L'axe de cette poulie porte une manivelle agissant sur la bielle d'une pompe horizontale à double effet, qui ne peut par conséquent marcher que pendant qu'on extrait; or, on fait par jour une quarantaine de traits dont chacun dure 8 minutes en moyenne. Tout compté, cette pompe donne une moyenne de 100 gallons extraits par minute, sans que la machine qui l'éclisse paraisse en être influencée en rien.

Sur les tantièmes ou primes dans les exploitations métalliques, *par* Grell.

L'auteur propose d'établir les primes d'après les bases suivantes :

Les Sociétés les garantiraient à leurs employés lorsque la production serait augmentée ou améliorée, ou quand ils auraient pu réaliser des économies.

Les primes seraient partagées entre les divers employés au prorata de leurs appointements, et les Sociétés se réserveraient de fixer chaque année les chiffres normaux qui serviraient de base pour leur calcul.

Cet article ne manque pas d'intérêt, mais nous ne pouvons admettre comme une bonne mesure d'administration un système qui établirait une sorte de solidarité entre les divers employés d'un même établissement, et qui accorderait les mêmes avantages à tous, malgré la différence inévitable des services rendus. Nous croyons que l'employé dont l'aptitude et le zèle assurent le succès du service qui lui est confié, doit retirer des primes plus considérables que celui qui n'aurait pas les mêmes titres et qui, d'après la répartition proposée, serait cependant également récompensé.

D'autre part, rien ne nous paraît moins propre à encourager les employés que ce changement de base des primes laissé à la volonté des Sociétés. Celui qui fait une innovation importante est exposé à n'en jouir que pendant un ou deux ans au plus, et il doit craindre de voir sa prime réduite en conséquence pour l'exercice suivant. Il faudrait, à notre avis, fixer une période de cinq années pour la révision des primes, tout en accordant des récompenses extraordinaires aux améliorations marquantes qui seraient introduites.

F. D. W.

LIÉGE. — IMPRIMERIE DE J. DESOER.

REVUE UNIVERSELLE

DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DES TRAVAUX PUBLICS, DES SCIENCES ET DES ARTS

APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE.

CONDENSATION DES FUMÉES PLOMBEUSES,

PAR

M ARMAND FALLIZE,

INGÉNIEUR CIVIL.

Les appareils usités pour la condensation des produits entraînés à l'état de fumée pendant le cours du traitement métallurgique des minerais de plomb, sont généralement d'une grande simplicité.

Canaux simples. — Sur le continent, les fabricants de plomb cherchent habituellement à placer leur usine auprès d'une montagne en pente roide au haut de laquelle ils installent une cheminée; tous les fours sont mis en relation avec celle-ci par une galerie voûtée qui décrit de nombreux zigzags sur le versant de la montagne.

Le tirage que détermine cette disposition économique, neutralise en partie la perte de charge qui provient des entraves apportées à la libre sortie des produits gazeux, et permet de

donner aux canaux un développement éminemment favorable au dépôt des fumées.

MODES DE CONDENSATION ADOPTÉS EN ANGLETERRE.

Quelquefois cependant, et notamment en Angleterre, on pousse la condensation beaucoup plus loin :

On emploie dans ce but de vastes chambres dans lesquelles les fumées circulent autour d'obstacles que l'on y a disposés, et qui sont constamment arrosés d'une quantité d'eau suffisante pour entraîner vers la partie inférieure de l'appareil tous les corps condensés entre les interstices des corps formant obstacle; le fond des chambres correspond à de grands bassins où les matières utiles se déposent successivement, tandis que l'eau est évacuée à un niveau constant. Les produits volatilisés se condensent dans ces chambres, grâce au frottement et à la diminution de charge qui s'y manifeste en raison des différences de vitesse, de température, etc.; on restitue, s'il y a lieu, au tirage toute l'intensité voulue au moyen de ventilateurs mis en mouvement par de puissantes machines motrices.

On conçoit que par l'emploi de moyens aussi énergiques, la proportion de matière utile condensée dans les usines anglaises soit bien autrement considérable que dans celles du continent, et c'est peut-être là une des principales causes de leur prospérité relative.

Appareils de MM. Griffith et Cie. — La planche 18 représente, en coupe et en plan, le système de condensation imaginé par MM. Griffith-Stokoe et Ce; cet appareil fonctionne avec plein succès dans la fabrique de Kell Heads, et on peut obtenir sur son emploi tous les renseignements nécessaires, soit de l'inventeur, soit de M. Tattersale, à West-Witton, près Bedale (Yorkshire), soit enfin en s'adressant à la fabrique de Low Elswick, à Newcastle on Tyne.

Voici l'explication de la figure :

A. Conduite générale des produits de la combustion des foyers métallurgiques.

B. Ventilateur aspirant les fumées et les gaz pour les injecter ensuite dans le condenseur.

FF. Chambre rectangulaire divisée horizontalement par des planchers à claire-voie *HH*, sur lesquels on dispose des lits de coke ou de toute autre matière filtrante.

CC. Cloisons verticales ouvertes alternativement en bas et en haut, de manière à forcer le courant gazeux à serpenter suivant tout le développement de l'appareil.

M. EE. Cuve et compartiments disposés de telle sorte que l'eau qu'on y amène s'écoule sous forme de pluie par les trous forés dans les plaques de plomb qui constituent le fond de ces réservoirs.

K. Porte pratiquée dans le bassin collecteur et servant à l'extraction des produits condensés.

XY. Niveau d'eau que l'on maintient constant dans le bassin en briques. *R*, sur lequel est installé le condenseur.

Autre appareil anglais. — Dans son excellent traité de la métallurgie du plomb et de l'argent, M. Rivot fait connaître la disposition générale d'un autre appareil de condensation adopté à l'usine de Walker-Parker-Deebank-Leadworks (Flintshire).

« Dans cette usine, les gaz, les vapeurs et les matières fines » entraînées par le vent, sortant de tous les fours à manche, » sont conduits dans une chambre divisée en un grand nombre » de compartiments par des cloisons verticales; celles-ci pré- » sentent les ouvertures alternativement en haut et en bas, ce » qui force les gaz à serpenter, à monter dans un compartiment » et à descendre dans le suivant. Dans tous les comparti- » ments, dans lesquels les gaz descendent, on fait tomber une » pluie d'eau froide. Sur le sol l'eau s'élève, dans chaque » compartiment, à $0^m,025$ au-dessus du bord de l'ouverture, » en sorte que les gaz doivent refouler l'eau pour suivre leur » mouvement : il en résulte un contact intime des gaz avec l'eau, » très favorable à la condensation des fumées plombeuses, mais » aussi il faut une aspiration d'une très-grande puissance pour » forcer les gaz à circuler. Les boues liquides qui restent en » suspension dans l'eau sortent continuellement par un tuyau, » et se rendent dans un grand bassin de dépôt. Les gaz sont

» aspirés, à raison d'au moins 200 mètres cubes à la minute, » par trois énormes cylindres en bois dont les pistons sont mis » en mouvement par une machine à vapeur de la force de 75 » chevaux. »

Emploi des machines d'appel. — Nous ne possédons aucune donnée précise sur l'effet utile des appareils que nous venons de décrire; remarquons seulement que les appréhensions que l'on pourrait nourrir à priori quant à la destruction trop rapide des machines d'appel, n'ont pas été partagées par les industriels anglais.

Il est évident qu'une bonne cheminée vaut mieux que des engins plus compliqués, mais si la situation de l'usine ne se prête pas à l'érection de cet appareil élémentaire de tirage, l'emploi des machines pourra être pratiquement utilisé.

UTILITÉ D'UNE BONNE CONDENSATION DES FUMÉES PLOMBEUSES.

Pour bien se convaincre de l'extrême importance que les usines doivent attacher à l'étude des moyens propres à rendre aussi complète que possible la condensation des fumées plombeuses, il convient d'établir la valeur des produits entraînés pendant le cours de la fabrication.

Abstraction faite de la forme et des dimensions données aux fours ainsi que du combustible que l'on y consomme, le traitement métallurgique des minerais de plomb se fait :

1° Au moyen de fours à réverbère dans lesquels on cherche à produire les réactions chimiques les plus favorables à une production maxima immédiate de plomb métallique;

2° Par l'emploi de fours à cuve, où le minerai cru, grillé ou scorifié est mis en contact avec certains réactifs et fondants qui, sous l'influence d'une forte température, isolent le métal des matières stériles qui constituaient avec lui le minerai mis en œuvre;

3° Par un traitement mixte dont le but est de n'obtenir par le travail préalable au réverbère qu'une certaine fraction du plomb contenu, tandis que l'épuisement industriel de la charge est complété par la fonte au four à vent des crasses produites; nous

nous abstiendrons de considérer isolément ce mode de fabrication qui, pour l'étude que nous abordons, peut rentrer dans l'un des deux précédents.

Écart moyen entre la teneur des minerais et leur rendement métallurgique. — Supposons que l'on traite une galène de qualité moyenne sous le rapport des gangues, mais à laquelle les essais de la voie sèche assigneraient une richesse de 70 °/₀ de plomb. Dans les meilleures usines, le rendement métallurgique définitif ne dépassera guère 63 °/₀, c'est-à-dire que par tonne traitée, la perte s'élèvera à 70 kilogrammes de plomb.

Perte due à la volatilisation. — Si l'on tient compte du métal irrévocablement perdu qui est entraîné par les scories pauvres rejetées, on remarquera que, dans l'hypothèse d'un écart total de 10 °/₀, la perte par volatilisation spéciale au réverbère sera au moins de 68 kilog. de plomb, tandis qu'elle se montera à environ 60 kilog. dans le four à vent.

Le cours moyen du plomb étant aujourd'hui d'environ fr. 48 les 100 kilog., il en résulte que par tonne de galène traitée, la valeur compromise seulement par la formation des fumées plombeuses, sera de fr. 32,64 dans le premier cas et de fr. 28,80 dans le second.

En d'autres termes, une usine qui ne posséderait pas de canaux de condensation, et qui maintiendrait en activité permanente un four à réverbère et un four à vent, traitant par jour, l'un 2400 kil., l'autre 5600 kil., soit ensemble, 8 tonnes de galène à 70 °/₀, perdrait en fumée une somme annuelle de fr. 87,457 (1).

Il faut encore observer que, quant à ce qui concerne le traitement au four à vent, nous avons admis implicitement qu'il était opéré dans les meilleures conditions, c'est-à-dire notamment sur de la galène préalablement grillée au réverbère.

---

(1) Cette somme correspond à la valeur intrinsèque du plomb métallique perdu, mais il est évident qu'elle ne représente nullement la bonification à laquelle donnerait lieu une condensation parfaite : il faut, en effet, tenir compte des frais et des pertes que les fumées recueillies auront à supporter lors de leur traitement métallurgique.

OPPORTUNITÉ DU GRILLAGE PRÉALABLE DES GALÈNES DESTINÉES AUX FOURS A VENT.

Dans les usines où l'on passe encore directement de la galène crue dans les fours à vent, la perte par volatilisation est bien plus considérable ; ce fait est connu depuis longtemps, et il est inconcevable qu'il ne soit pas pris en considération par tous les industriels; cette pratique vicieuse tend cependant à disparaître, et le nombre des usines qui la sanctionnent est très-limité.

Essais comparatifs. — Voici d'ailleurs quels ont été les résultats de deux essais faits avec le plus grand soin en 1859, sur le traitement comparatif, au four à vent, de la galène crue et de la galène grillée :

NATURE DU MINERAI SOUMIS AU TRAITEMENT	POIDS DU MINERAI TRAITÉ.	POIDS DU PLOMB.					PERTE DUE A LA VOLATILISATION EXPRIMÉE EN CENTIÈMES DU POIDS DU PLOMB CONTENU DANS LES MINERAIS.
		CONTENU DANS LE MINERAL.	PRODUIT.	PERDU.	CONTENU DANS LES SCORIES PAUVRES REJETÉES.	CONTENU DANS LES FUMÉES.	
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	%
Minerai cru.	32000	16276	13430	2846	808	2038	12,52
Minerai grillé.	36113	23630	21269	2361	542	1819	7,69

L'écart dû à la formation des fumées plombeuses a donc été de 12,52 % lors du traitement des minerais crus, tandis qu'il ne s'est élevé qu'à 7,69 pour les minerais grillés; l'avantage est énorme en faveur de ces derniers, et si l'on observe, en outre, que leur emploi exclusif détermine une économie très-notable

dans les frais de fabrication, on comprendra de moins en moins le traitement de la galène crue au four à vent.

Perte au grillage. — Ajoutons que le poids du plomb entraîné par les fumées, lors du grillage, a été compris dans le chiffre de 7,69 précédemment indiqué, et que dans cette opération considérée isolément, la perte a été de 2,78 % du plomb contenu dans le minerai cru.

Les chiffres qui précèdent établissent qu'un four à vent tenu en activité constante, et dans lequel on traiterait seulement par jour 5 tonnes de galène crue à 50 % de teneur, lancerait annuellement dans l'atmosphère 114 tonnes de plomb représentées par une valeur de fr. 55000.

Rendement métallurgique. — Dans les évaluations que nous avons faites précédemment, il a été admis que l'écart moyen inhérent à la fabrication proprement dite, était de 10 % du plomb contenu dans le minerai; les usines qui fondent au réverbère des galènes très-riches en plomb, peuvent rester en dessous de ce chiffre, mais aussi, combien d'autres ne le dépassent-elles pas?

Presque toutes les grandes usines traitent d'ailleurs des galènes argentifères dont la gangue nécessite l'emploi du four à cuve; le plomb d'œuvre est ensuite pattinsoné et coupellé; souvent on procède, en outre, à la révivification des litharges. Ces diverses opérations déterminent de nouvelles pertes de métal, et l'on peut dire que pour les usines les mieux dirigées, l'écart total et définitif entre la teneur du minerai et le rendement métallique est, dans ce cas, de 14 à 15 %.

Les métaux perdus sont entraînés, partie par les scories, partie par les fumées; ces dernières intervenant dans la perte totale pour plus des 3/4, on ne s'éloignera pas beaucoup de la vérité en admettant que dans les usines où l'on traite des minerais argentifères, la perte due à la volatilisation est d'au moins 10 % du plomb contenu; et encore ce chiffre devrait-il être majoré pour des minerais contenant moins de 50 %, car nous avons pris cette teneur comme type et l'on sait que, pour des minerais de même nature, le rendement au four est en rapport inverse de la teneur.

EFFET UTILE DE LA CONDENSATION PAR VOIE SÈCHE.

Voyons maintenant quel est, dans la pratique, l'effet utile des canaux de condensation employés le plus généralement pour atténuer l'influence de ces pertes immenses sur le prix de revient du métal fabriqué.

Les canaux ordinaires dans lesquels se rendent les produits volatilisés ou entraînés mécaniquement, ne restituent qu'une fraction assez minime du plomb perdu pendant le traitement.

La bonification réalisable de ce chef varie suivant la manière dont ont été établis les canaux, et leur effet utile dépend de diverses circonstances qu'il est presqu'impossible de préciser exactement ; on pourra cependant apprécier l'influence relative des éléments mis en jeu, par l'inspection du tableau suivant, qui résume les observations faites sur une longue période et dans une même usine.

ANNÉES.	DISPOSITION DES CANAUX.			TIRAGE PAR CHEMINÉE — HAUTEUR MOTRICE.	EFFET UTILE. — RAPPORT ENTRE LE POIDS DU PLOMB CONDENSÉ ET CELUI DU PLOMB CONDENSABLE.
	LONGUEUR TOTALE.	VIDE INTÉRIEUR.	SURFACE DE FROTTEMENT		
	m.	m. c.	m. q.	m.	%
1859	819	1815	4756	100	15,55
1860	995	2826	7609	100	25,95

On voit d'après ces chiffres que le rendement des canaux est en rapport intime avec leur vide intérieur et avec la surface qu'ils présentent; nous dirons de plus que ces résultats sont exceptionnellement favorables et qu'ils ne sont atteints que par un très-petit nombre d'usines.

Perte en argent. — Tous les minerais de plomb sont plus ou moins argentifères, mais les fumées qui se dégagent pendant le traitement métallurgique n'entraînent généralement qu'une quantité très-restreinte de métal précieux. C'est ainsi que dans les essais comparatifs que nous venons de rapporter, il a été observé que la perte totale en argent ne s'était élevée qu'à 0,0068 °/₀ lors du traitement des minerais crus, tandis qu'elle avait été nulle avec les minerais grillés.

Il est peu d'usines où l'on constate une perte en argent quelque peu notable, et dans la plupart d'entre elles, le roulement général accuse même un boni.

Quoi qu'il en soit, c'est principalement sur la perte en plomb que doit se porter l'attention des fabricants.

Nous venons de voir que les fabriques les mieux dotées sous le rapport de la condensation ne recueillaient que le *quart des matières utiles condensables;* les fondeurs ne reculeront donc pas devant les dépenses que nécessiterait l'érection de nouveaux appareils propres à diminuer la prodigieuse quantité de métal qu'ils évacuent dans l'atmosphère.

NOUVEL APPAREIL DE CONDENSATION.

C'est en nous plaçant à ce point de vue que nous avons cherché à combiner un système de condensation plus simple que ceux qui sont employés en Angleterre, mais beaucoup plus complet que ceux que l'on adopte généralement sur le continent.

Principe sur lequel il est fondé. — Voici le principe sur lequel repose notre procédé :

Dans la conduite qui sert de véhicule aux produits de la combustion des foyers métallurgiques, on injecte de la vapeur d'eau en quantité telle que toutes les parties du courant gazeux en soient imprégnées; on condense ensuite cette vapeur et chaque goutte d'eau infiniment petite qui se forme frappe et abat la particule condensable du courant qui lui correspond.

Les points de contact étant ainsi multipliés à l'infini, la condensation est rendue aussi complète que possible.

Description de l'appareil. — Notre appareil est représenté dans la planche 19.

Il se compose de deux chambres A et B dont le fond incliné est recouvert d'une hauteur d'eau déterminée par le niveau x-y que l'on maintient constant.

Les fumées pénètrent dans la chambre A par l'extrémité E de la conduite venant des fours, et se dirigent longitudinalement vers le coude C qui les introduit dans la chambre B.

Deux jets de vapeur d'eau sont lancés par les buses *b b*.

En arrivant dans la capacité B, le courant gazeux est donc parfaitement saturé de vapeur; il est de plus quelque peu refroidi déjà, tant par cette dernière que par son contact avec l'eau constamment renouvelée qui forme le sol de l'appareil, et enfin par la détente qui résulte de la différence des sections.

La chambre B est barrée vers son milieu par un obstacle composé de deux murs verticaux à claire-voie *m*, *m*, dans l'intervalle desquels on a disposé des boules de grès creuses et perforées, parfaitement semblables, du reste, à celles que l'on emploie dans les fabriques de produits chimiques pour la condensation de l'acide chlorhydrique.

Un bassin H est placé sur la voûte et laisse tomber par un fond perforé une pluie d'eau froide qui se répand à la surface et à l'intérieur des boules de grès.

Le courant gazeux se refroidit en traversant les interstices ménagés entre ces boules; la vapeur se condense, et l'eau ainsi formée, s'ajoutant à celle qui est tombée en excès, entraîne avec elle vers le fond de l'appareil tous les produits condensables, solubles ou insolubles, que le courant tenait en suspension.

Les corps insolubles, et notamment tous les produits plombeux, traversent la couche d'eau et tombent sur le fond incliné qui les dirige vers le canal longitudinal KK, où ils se tassent, et d'où on les enlève facilement; à cet effet, le fond de la partie N du canal est disposé sous forme de plan incliné dont le sommet se trouve hors du liquide; les produits condensés sont relevés sur ce plan où on les laisse égoutter avant de procéder à leur extraction définitive.

Les particules solides qui auraient été entraînées par le courant d'eau en dehors du canal KK viennent se déposer dans un labyrinthe LL que le liquide traverse avant d'être évacué par un déversoir.

D'un autre côté, toutes les matières condensées dans l'appareil en dehors de l'obstacle précédemment décrit, viennent également se réunir dans le canal KK; à cet effet, les murs qui séparent les chambres A et B du dit canal reposent sur des voûtes VV constamment immergées; des ouvertures pratiquées dans le mur MM et dans le prolongement de ces voûtes, permettent de repousser vers le canal KK les matières qui pourraient adhérer au fond incliné.

Au sortir de l'appareil, un puissant jet de vapeur lancé par la buse b' dans le sens du courant, restitue à ce dernier une partie de son intensité primitive.

Un manomètre placé en un endroit convenable du canal indique la dépression intérieure, et permet de régler la venue d'eau dans les chambres, de manière à ce que la condensation s'y produise dans les conditions les moins défavorables au tirage.

Il est naturellement indispensable de placer l'appareil à une distance telle des fours que les gaz soient suffisamment refroidis pour que leur température ne s'oppose pas à la condensation de la vapeur injectée.

Nous avons établi précédemment que le vide des canaux simples, ainsi que la surface de frottement qu'ils présentent, influaient de la manière la plus directe sur leur effet utile; on doit donc, pour augmenter les chances de succès, employer des appareils aussi vastes que possible et construits, en outre, de façon à multiplier les points de contact entre les fumées et le périmètre intérieur.

Dans ce but, on disposera, suivant le sens du courant gazeux, une série de cloisons parallèles qui diviseront les fumées en autant de tranches distinctes; ces cloisons pourront être faites de plaques de grès brut, ou bien de briques perforées et cimentées entre elles par du plâtre; cette dernière disposition permet de construire à bas prix des cloisons très-élevées, parfaitement stables et n'ayant qu'une demi-brique d'épaisseur.

Dans tous les cas, les matériaux employés doivent être choisis de manière à ne pouvoir pas se détériorer par l'action acide des gaz ; il est évident, en effet, que les produits gazeux qui résultent du traitement des minerais sulfurés, donneront lieu, dans ces conditions, à une assez forte proportion d'acide sulfurique.

Il importe donc que les matériaux dont on se servira soient peu solubles dans cet acide ; on obtiendra aisément ce résultat en composant les maçonneries de briques formées de parties égales de terre et de coke, et en plombant, en outre, les tôles et ferrailles qui pourraient entrer dans la construction.

Si, pour une raison quelconque, il y avait obstruction partielle des interstices laissés entre les boules du condenseur, il suffirait d'augmenter momentanément la venue d'eau, ou de projeter avec une pompe à incendie un fort jet d'eau sur les faces antérieures des murs à claire-voie qui limitent l'obstacle.

Il nous reste enfin à prévoir le cas où la proportion de fumée serait extraordinairement forte et recouvrirait le bain des chambres d'une épaisseur de menu charbon suffisante pour contrarier le refroidissement du courant gazeux par le liquide avec lequel il doit, autant que possible, être en contact immédiat.

Il conviendrait, dans ce cas particulier, d'élever suffisamment les voûtes ménagées dans les murs internes des chambres, pour que le sommet en fût émergé par une baisse de quelques centimètres du niveau du liquide ; quand on voudra débarrasser le bain des matières flottantes, il suffira alors d'arrêter la venue d'eau jusqu'à ce que toutes les impuretés aient été entraînées dans le canal de décharge, aussi bien par l'effet du courant que par l'action des rables introduits par les ouvertures pratiquées, ainsi qu'il a été expliqué, dans le mur M M.

En allure régulière, les matières légères seront du reste incessamment entraînées vers le canal en suivant le développement des chambres, puisque le courant de l'eau, de la vapeur et des gaz, suit cette même direction.

Recherchons maintenant quels peuvent être les avantages du système de condensation que nous proposons sur ceux que l'on emploie d'habitude.

INCONVÉNIENTS DE LA CONDENSATION PAR VOIE SÈCHE.

Indépendamment de ses effets tout au moins médiocres, la condensation par la voie sèche présente une infinité d'inconvénients; en voici quelques-uns :

Il faut donner aux canaux un développement énorme; la section se rétrécissant en même temps que les dépôts se forment, il en résulte que la vitesse du courant gazeux augmente incessamment pendant toute la période du traitement; le travail doit être interrompu pendant un temps suffisant à l'enlèvement des produits condensés, auquel on ne peut d'ailleurs procéder qu'après l'entier refroidissement des parois; les dépôts obtenus contiennent beaucoup d'impuretés nuisibles au traitement qu'ils ont ultérieurement à supporter.

AVANTAGES DE L'APPAREIL PROPOSÉ.

Dans l'appareil que nous avons décrit :

Les frais de construction sont minimes, car ils ne dépasseront pas la somme de fr. 5000 pour une usine de moyenne grandeur.

La dépense en vapeur d'eau est pour ainsi dire nulle, les usines possédant toutes des machines dont la décharge peut être utilisée avec d'autant moins d'inconvénients que la température en étant peu élevée, la condensation sera produite par une faible quantité d'eau.

Les frais de main-d'œuvre sont insignifiants, puisque l'opération marche seule et qu'il n'y a qu'à extraire de temps en temps les produits entraînés dans le canal collecteur et les bassins de dépôt.

Les fumées plombeuses recueillies seront très-pures parce que l'eau des chambres les aura débarrassées des acides et sels solubles, ainsi que des poussières de charbon.

Enfin, les seuls frais spéciaux d'une certaine importance sont ceux qu'exige le maintien du niveau d'eau, tant dans les chambres que dans les bassins supérieurs; cette dépense, représentée par la mise en jeu d'une pompe de 2 ou 3 chevaux-vapeur, sera très-abordable.

L'effet utile du système ne peut pas être évalué à priori, mais on doit admettre qu'il sera considérable ; passons en effet rapidement en revue les principales conditions théoriques d'une bonne condensation, et voyons comment elles ont été réalisées dans notre appareil.

1° *Faible vitesse :* Le courant gazeux, saturé de vapeur d'eau, vient déboucher dans une chambre de très-grande section.

2° *Refroidissement :* Les gaz, imprégnés d'abord de vapeur plus froide qu'eux, se dilatent en entrant dans l'appareil ; ils se trouvent de plus en contact avec le bain liquide et sont enfin arrosés par une pluie d'eau froide.

3° *Frottement :* Les cloisons parallèles disposées dans le sens du courant auront une surface énorme.

Enfin, l'application du principe sur lequel repose essentiellement le procédé et qui consiste à condenser la vapeur d'eau au sein même du courant gazeux, déterminera à elle seule une condensation des plus énergiques.

En supposant l'appareil en activité, il importe de remarquer que l'on pourra toujours surexciter ou modérer l'action condensatrice suivant les exigences du tirage des fours de l'usine ; il suffira de modifier les quantités d'eau et de vapeur injectées.

POSSIBILITÉ D'APPLIQUER CE MODE DE CONDENSATION A D'AUTRES INDUSTRIES.

Nous n'avons encore considéré que la condensation des fumées plombeuses, mais il est facile de voir que le procédé que nous proposons peut être appliqué à toutes les fabriques qui ont intérêt à ne rejeter dans l'atmosphère que des gaz plus ou moins dépouillés des matières qu'ils tenaient en suspension, soit que ces dernières puissent être utilisées dans l'usine, ou que, par leur nature, elles soient susceptibles de causer du dommage aux propriétés voisines.

Traitement de la blende. — Dans les usines à plomb il est rare que la nature des minerais traités puisse rendre opportune la condensation de produits autres que les fumées plombeuses ; il n'en est plus de même dans les usines à zinc qui se livrent

au traitement de la blende, car elles rejettent des quantités immenses d'acide sulfureux dont la transformation même partielle en acide sulfurique serait grandement à désirer.

L'obtention économique de ce produit accessoire viendrait bonifier notablement le prix de revient du métal et atténuerait les récriminations des propriétaires voisins auxquels il faut souvent allouer des redevances onéreuses.

Transformation de l'acide sulfureux en acide sulfurique. — Notre appareil ne diffère pas essentiellement des chambres de plomb des fabriques d'acide sulfurique, et par l'injection dans le condenseur d'une proportion convenable de vapeur nitreuse, il est évident que cet acide se produirait en quantité très-notable.

Présence de l'acide sulfurique dans les fumées condensées par voie sèche. — L'acide sulfurique se forme d'ailleurs assez facilement de toutes pièces dans les conditions ordinaires des canaux d'usines; ce fait d'observation se trouve confirmé par l'analyse chimique suivante qui précise la composition des fumées condensées en 1860 par l'une des grandes usines du pays qui traite simultanément des minerais de zinc et de plomb.

Sulfate ferreux	3,75
Sulfate zincique.	15,85
Sulfate de plomb	43,90
Acide sulfurique libre. . . .	5,25
Charbon, débris, etc. . . .	31,25
	100,00

On nous concédera que si un résultat semblable a été constaté dans la simple condensation par voie sèche, l'emploi de notre système surexciterait singulièrement la formation de l'acide sulfurique dans l'appareil qui a été décrit.

Il ne suffit pas cependant de produire un acide sulfurique aussi dilué que celui qui se condensera dans le bain des chambres; avant de penser à l'utiliser, il faut donc le concentrer.

Concentration économique du liquide chargé d'acide sulfurique. — Toutes les usines métallurgiques sont à même d'effectuer très-économiquement cette opération complémentaire :

Au sortir du labyrinthe, le liquide sera conduit par un chenal dans une partie du développement des canaux où la température ainsi que le courant gazeux auront une intensité suffisante pour déterminer une évaporation très-rapide; le radier de la portion de canal ainsi appropriée entre les fours et le condenseur recevra une forme concave, qui la transformera en véritable cuve d'évaporation, pouvant à peu de frais recevoir des dimensions telles que la concentration du liquide y soit aussi accélérée qu'on le désire.

L'acide ayant été ainsi amené au degré de concentration exigé, sera extrait de sa cuve artificielle, et vendu tel quel s'il ne peut être utilisé directement dans l'usine.

Ceux qui douteraient de l'excessive économie du mode d'évaporation que nous venons d'exposer, n'auront qu'à prendre connaissance des résultats obtenus depuis 4 ans à la fabrique de produits chimiques de Védrin, près de Namur. M. l'ingénieur F. del Marmol y prit, dès 1857, un brevet d'invention pour l'appropriation d'une partie des canaux d'usine à l'évaporation des lessives de soude ; à 3 mètres de distance d'un four à soude, et dans la conduite de fumée, il disposa un bassin de concentration d'une surface de $4^{m^2},50$; la quantité d'eau évaporée par cet appareil aussi simple qu'économique, atteignit facilement 6 à 7 mètres cubes en 24 heures.

Ces données pratiques permettent d'apprécier la facilité avec laquelle les usines métallurgiques peuvent, le cas échéant, évaporer des quantités quelconques de liquide en utilisant tout simplement la chaleur et la vitesse du courant gazeux qu'évacuent leurs nombreux foyers.

Sulfate de zinc. — Ce que nous venons de dire au sujet de la concentration de l'acide sulfurique, s'applique mot pour mot au traitement du sulfate de zinc qui se produit en quantité considérable lors du grillage de la blende, et qui, par l'emploi du système proposé, resterait en dissolution dans le liquide du condenseur.

1er mai 1862.

CONDENSATION DES FUMÉES PLOMBEUSES

PAR

M. ARMAND FALLIZE.

Page 382 — ajouter l'article ci-après.

CONDENSATION DE L'ACIDE SULFUREUX.

Dans bien des cas de l'industrie, la condensation pure et simple de l'acide sulfureux serait déjà considérée comme un résultat suffisamment avantageux, pour que l'on pût se dispenser de chercher à aller au-delà.

Remarquons en effet que, dans une usine métallurgique, l'oxydation d'une portion quelque peu importante de l'acide sulfureux ne peut être réalisée qu'à la condition d'isoler ce gaz des produits de la combustion du charbon ; il faudrait donc modifier entièrement les fours de grillage généralement employés, et il en résulterait de nouveaux frais dont l'importance compenserait souvent la valeur de l'acide sulfurique recueilli.

Considérée au point de vue plus restreint de la condensation de l'acide sulfureux, la question ne présente plus de difficulté réellement sérieuse, et il suffira de jeter un coup d'œil sur l'appareil proposé pour s'assurer qu'il réunit la plupart des conditions de succès exigées.

Le liquide des chambres qui tiendra en dissolution l'acide sulfureux condensé ne devra plus être concentré : il sera simplement évacué, soit dans des terrains pouvant neutraliser ou absorber l'eau acidulée, soit dans tout autre endroit convenable.

Liége, 1er mai 1862.

Erratum. — Page 373, ligne 2 en remontant : le rendement au four, *lisez* la perte au four.

RECHERCHES SUR L'INDUSTRIE COMPARÉE.

« Un ingénieur vraiment digne de ce nom ne copie
» pas. . il soumet à un raisonnement approfondi
» tout ce dont il croit pouvoir tirer bon parti,
» et cherche à perfectionner... C'est ainsi qu'ont
» procédé tous ceux auxquels la science est
» redevable de ses progrès. »
(Demanet, *Cours de construction*, fin de la 5me partie.)

FOURS ET FOURNEAUX COMPARÉS

AU POINT DE VUE

DE L'ÉCONOMIE DU COMBUSTIBLE, DE LA MAIN-D'ŒUVRE, DES FRAIS D'INSTALLATION ET D'ENTRETIEN,

PAR

P. HAVREZ,

Ingénieur des mines, professeur à l'École des arts industriels et des mines de Lille.

SOMMAIRE.

PRÉLIMINAIRES.

§ 1.

ANALOGIES ENTRE LES APPAREILS DE TOUTES LES INDUSTRIES SPÉCIALES. IMPORTANCE D'UNE ÉTUDE COMPARATIVE GÉNÉRALE. CLASSIFICATION DES APPAREILS. CLASSES NON ÉTUDIÉES.

Lorsque l'on considère le grand nombre d'opérations communes aux diverses industries spéciales, et l'analogie qui doit exister entre les appareils de chaque espèce d'opération, on est frappé des importants résultats que l'on peut retirer de la comparaison de ces appareils.

En effet 1° Les perfectionnements réalisés par les engins d'une industrie spéciale pourront être connus et employés par les autres (1).

2° On pourra évaluer la dépense de force, de main-d'œuvre et de matières premières de tous les appareils analogues; apprécier par là leur effet utile relatif; connaître et éloigner toutes les circonstances défavorables, et arriver ainsi aux lois générales pour opérer, dans tous les cas, le plus économiquement possible.

3° On pourra estimer à sa juste valeur toute invention nouvelle, l'enregistrer à sa vraie place, et lui donner le rang qu'elle doit occuper dans l'industrie (2).

4° Enfin, en faisant connaître aux inventeurs l'état actuel de l'industrie sur les appareils dont ils s'occupent, ils pourront apprécier leurs prétendus perfectionnements. Actuellement, les renseignements sont tellement épars dans les traités de fabrications spéciales, que les industriels n'ont ni le temps, ni les moyens de coordonner tous les appareils employés dans un but donné.

Lorsque, poussé par cette grande importance d'une *science des appareils comparés*, qui, pour abréger, peut se nommer *industrie comparée* (3), on cherche à envisager avec ordre

---

(1) Il y a trente ans, la plupart des appareils automatiques de l'industrie moderne n'existaient pas; aussi, n'ayant aucun intérêt à s'occuper d'engins assez grossiers partout, les traités industriels n'ont décrit que les fabrications spéciales. Actuellement que les appareils sont devenus la chose capitale dans toute industrie, il est temps qu'ils s'étudient à part, que leurs progrès se propagent d'une fabrication à l'autre, et que les sciences industrielles, cessant de suivre timidement la routine, possèdent les règles de tous les perfectionnements et prévoyent les inventions fécondes.

(2) Il suffit de lire l'article *invention* du Dictionnaire des arts et manufactures pour rester convaincu, avec M. Laboulaye, que la plaie actuelle de l'industrie est l'absence d'un triage parmi les inventions.

(3) C'est aussi pour abréger qu'*anatomie comparée* a été substitué à *science des organes comparés*. Nous ferons remarquer à cette occasion que l'*anatomie comparée* est à l'égard des *anatomies spéciales*, ce qu'est l'*industrie comparée* à l'égard des *industries spéciales* Les *anatomies et in-*

l'ensemble des innombrables opérations industrielles, on trouve que toutes n'ont en vue que l'un des quatres buts suivants :

1° Mettre en contact ou séparer les solides, les liquides et les gaz.

2° Transformer les forces matérielles en forces mécaniques.

3° Transporter les solides, les liquides et les gaz.

4° Façonner les solides (MODELER, DIVISER, TISSER, etc.).

Ces quatre catégories d'opérations entièrement distinctes, nous donnent les bases rationnelles de la classification de tous les appareils.

Examinons maintenant quelle partie de l'industrie comparée a été constituée et ce qu'il reste à étudier.

Parmi les appareils de la 1re classe, ceux qui servent à mettre en contact les solides, les liquides et les gaz, on a étudié ceux pour faire réagir l'air sur les combustibles, la flamme sur les liquides à vaporiser, à distiller, à évaporer, etc. Il reste donc à étudier tous les appareils pour mettre en contact LES GAZ FROIDS AVEC LES LIQUIDES, LES LIQUIDES AVEC LES SOLIDES, LES GAZ FROIDS ET CHAUDS AVEC LES SOLIDES.

Les appareils de la 2e classe, ceux qui servent à transformer les forces matérielles en forces mécaniques, ont fait l'objet de sciences spéciales aujourd'hui très-avancées. On a évalué théoriquement et expérimentalement l'effet utile de ces appareils, on sait les moyens de les perfectionner et on peut choisir entre eux avec connaissance de cause.

---

dustries spéciales voyent un être ou une fabrication et décrivent tous ses organes ou appareils; l'*anatomie et l'industrie comparée* voient un organe ou un appareil et l'étudient dans tous les êtres, dans toutes les fabrications.

Nous pouvons donc appliquer à l'INDUSTRIE COMPARÉE les mots suivants que Cuvier écrivait à Mertrud (lettre imprimée en tête de son anatomie comparée) :

« .... il faut qu'on distingue ce qui fait la condition générale et nécessaire » de chaque fait, et pour cela, il faut qu'on ne se borne point à une seule » espèce de corps vivant, mais qu'on les compare toutes. »

On sait les progrès que les sciences naturelles ont fait avec l'aide de l'anatomie comparée, on peut donc espérer qu'il résultera quelque utilité de recherches consciencieuses faites sur l'industrie comparée.

Les appareils de la 3e classe, ceux qui servent à transporter, sont étudiés assez complètement quoique dans une foule de sciences isolées. Ainsi la mécanique et l'exploitation des mines étudient le TRANSPORT HORIZONTAL ET VERTICAL DES SOLIDES. Le cours de la chaleur appliquée et l'exploitation des mines étudient le TRANSPORT DES LIQUIDES (alimentation des chaudières, épuisement). Enfin les cours de chaleur appliquée, de métallurgie et d'exploitation étudient le TRANSPORT DES GAZ (ventilation des foyers, des hauts-fourneaux et des mines).

Ainsi, les mêmes roues pneumatiques, pompes, etc., sont décrites dans le *Traité de la chaleur* de PÉCLET, t. I, édit. 1860, et dans le *Traité d'exploitation des mines* de M. PONSON, t. II.

Les appareils de la 4e classe, ceux qui servent au façonnage des solides, si on en excepte les engins de la filature, sont décrits çà et là dans l'exposé des diverses fabrications spéciales, ils n'ont pas été réunis en corps et leur étude comparative est encore à faire. Les machines à mouler, par exemple, sont décrites dans les traités sur le travail des métaux (EMBOUTISSAGE), dans ceux sur la fabrication des briquettes de charbon aggloméré, dans les nombreux traités sur les arts céramiques (FABRICATION DES BRIQUES, DES TUYAUX, DES BOUTONS, etc.). On trouve de même épars çà et là les diverses machines *à broyer*, *à moudre*, *à écraser*, *à rapper*, *à percer*, *à scier*, *à rabotter*, etc., *les métaux*, *les pierres*, *les bois*, etc.

Si on examine l'état perfectionné des appareils dont l'étude comparative est faite, et l'état d'incertitude et de tâtonnements de ceux dont l'étude est encore à faire, on n'hésitera pas un instant à encourager par tous les moyens possibles l'édification de cette science comparative (1).

---

(1) L'un des auxiliaires les plus efficaces pour rassembler les matériaux de la science des appareils pourrait être le concours universitaire, si, parmi la série des questions à résoudre, deux étaient spécialement réservées à l'industrie : l'une pour les INDUSTRIES SPÉCIALES, l'autre pour l'INDUSTRIE COMPARÉE. Pour être vraiment industrielles, ces questions devraient toutes demander la description « DES MOYENS PROPOSÉS POUR ÉCONOMISER LES MATIÈRES PREMIÈRES (combustible, force mécanique, etc.) et la MAIN-D'OEUVRE

Nous nous proposons dans une série d'études de classer, de comparer et d'apprécier quelques-unes des classes d'appareils analogues dont la science ne s'est pas encore occupée, et d'aider ainsi à constituer complètement l'industrie comparée.

§ 2.

BASES DE LA CLASSIFICATION ET DE L'APPRÉCIATION DES APPAREILS QUI METTENT LES CORPS EN CONTACT.

Nous avons vu au § 1 que l'étude comparative de la plupart des *appareils pour mettre les corps en contact* était encore à faire. C'est par cette étude que nous commencerons.

---

dans une FABRICATION SPÉCIALE (1re question), dans une OPÉRATION SPÉCIALE (2me question). »

La visite des usines devant souvent être indispensable, il faudra de toute nécessité accorder deux ans aux concurrents. Les questions pourront, comme aujourd'hui, être jugées tous les ans, mais elles auront été posées deux ans à l'avance. Alors on pourra admettre parmi les concurrents les ingénieurs et les docteurs qui n'auront qu'un an de grade.

Pendant la dernière année de leurs études, ils commenceraient à rassembler les matériaux de leur réponse, et ensuite libres du côté des examens, ils pourraient donner tout leur temps, toute leur attention à la rédaction et aux épreuves multipliées du concours. Combien de jeunes ingénieurs non casés seraient heureux d'avoir cette occasion de faire connaître leurs capacités au monde industriel.

Dans tous les cas, il est certain que les concurrents ne manqueront pas. Les élèves-ingénieurs mettent actuellement tous leurs soins à édifier des projets de fabrications, des descriptions de voyages, des rapports sur les usines, et cela sans aucune récompense à attendre. Que serait-ce s'ils avaient devant eux les récompenses glorieuses du concours universitaire. Et qu'on ne nous objecte pas que ce concours ne doit donner que des questions à traiter par les élèves des quatre universités, car nous répondrons par la liste des questions posées jusqu'à ce jour, nous montrerons que parmi les questions de chimie il en est qui n'ont pu être résolues que par les seuls élèves de l'école des mines de Liége.

Dans le concours universitaire chaque faculté pose deux questions, les écoles spéciales de Gand, de Liége et de Bruxelles, qui sont les facultés de l'industrie n'en posent aucune; on ne voit pas trop pourquoi on les a oubliées.

Nous retracerons en quelques mots la marche de nos recherches.

Nous avons d'abord passé en revue toutes les industries spéciales et nous avons recueilli tous leurs appareils pour mettre en contact les matières, à mesure qu'ils se présentaient et sans ordre préconçu.

Puis, pour coordonner tous ces matériaux, nous avons cherché à découvrir le principe fondamental qui régit les dispositions pour diminuer les frais de la mise en contact.

Nous avons donc procédé d'une manière synthétique, et ce n'est que pour faciliter l'exposé de nos résultats que nous allons suivre une marche inverse, c'est-à-dire procéder analytiquement en redescendant d'un principe général à toutes les dispositions particulières.

Lorsque l'on cherche à classer les appareils pour mettre les corps en contact, on trouve que toutes les dispositions imaginées tendent à déplacer méthodiquement et automatiquement les réactifs.

Les modes divers de déplacement (1) seront donc les bases fondamentales de notre classification.

Nous rappellerons que deux réactifs se déplacent méthodiquement, quand ils vont en sens contraire l'un de l'autre, de manière que l'un d'eux se sature de plus en plus en rencontrant l'autre corps de plus en plus riche, qui, de son côté, s'appauvrit de plus en plus en rencontrant un milieu de plus en plus pur.

Dans l'application de ce principe de déplacement à la mise en contact, on trouve tout d'abord que les corps à faire réagir doivent se classer en deux groupes distincts :

1° Les SOLIDES à mettre en contact avec les liquides, les gaz chauds ou froids.

2° Les FLUIDES à mettre en contact avec les fluides.

---

(1) On sait que le déplacement méthodique a été découvert pour le traitement des platras salpétrés par l'eau. Les appareils et procédés employés antérieurement ne méritent pas d'être appelés industriels, et l'on doit faire remonter à cette époque la naissance de cette partie de la science de l'industrie.

En effet, dans le dernier cas, la plus légère pression suffit pour opérer le déplacement des réactifs. Mais pour mouvoir le solide en sens contraire du fluide réagissant, on trouve des difficultés pratiques sérieuses qu'on ne peut lever que par des recherches persévérantes.

Voici une classification qui repose sur les divers moyens proposés pour déplacer le solide ou pour obtenir le résultat que produirait ce déplacement.

APPAREILS
- NON MÉTHODIQUES (tas, cylindres, plaques immobiles ou agitées).
- MÉTHODIQUES
  - assez inclinés pour que le solide avance par son poids.
  - peu incliné, où le solide est mû mécaniquement.
  - à déplacement du point d'arrivée du fluide.

Cette classification, nous allons le montrer, est la meilleure pour cette partie importante de l'industrie comparée.

Examinons, en effet, *comment le déplacement méthodique aide à la production économique en diminuant tous les éléments du prix de revient.* Pour cela, rappelons que ce prix P est donné par l'équation :

$$P = \frac{F'}{n} + F + F_1$$

dans laquelle F' désigne les *frais fixes* pendant *un an.* (Intérêts, amortissements, réparations, direction).

n est le *nombre* d'objets créés pendant *un an.*

F désigne les *frais proportionnels de réactifs*, de matières premières, de combustible consommé, etc., occasionnés pour la fabrication d'un objet.

F_1 désigne les *frais proportionnels de main-d'œuvre*, occasionnés pour la fabrication d'un objet.

Influence du déplacement méthodique sur la production n et sur frais fixes F'.

La production atteindra un chiffre n considérable, si, 1° elle est continue, si, 2° l'entrée et la sortie des matières traitées se

font rapidement, sans se gêner l'une l'autre. Or, ces circonstances résultent du déplacement méthodique (1). Quand *n* est considérable, les frais fixes F' influent peu. D'ailleurs, il est un mode de déplacement qui n'élève pas les frais F' au-dessus de ceux qui résultent de l'emploi des appareils non méthodiques, c'est le système où le point d'arrivée du fluide se déplace.

Influence du déplacement méthodique sur les frais F de matières consommées.

On augmente la dépense F au-delà de sa valeur théorique, en perdant : 1° Le réactif qui reste adhérent au produit de la réaction. Ainsi, on perd dans les fours toute la chaleur qui reste attachée au solide qu'on défourne. 2° Le réactif qui s'infiltre dans les fissures et dans les parois de l'appareil. 3° Le réactif non utilisé qu'emporte à sa sortie le fluide qui a servi à l'apporter. Cette dernière cause de pertes est la plus importante; le meilleur remède à lui opposer est le déplacement méthodique qui met la petite quantité de réactif emporté par le corps qui sort, en contact avec l'autre substance, laquelle étant pure se trouve dans les meilleures conditions pour l'absorber. Ainsi, le peu de salpêtre qui n'a pas été dissout et qui reste dans les platras, rencontrant à sa sortie de l'eau pure, tendra à se dissoudre énergiquement.

De son côté, l'eau sera complètement utilisée et ne sortira que saturée par son contact avec du platras de plus en plus riche en salpêtre.

Il en est de même si, à sa sortie, la fumée chaude rencontre le solide froid qui entre.

---

(1) Le déplacement peut quelquefois n'être qu'*automatique* et ne pas aider à rendre *méthodique* la réaction. Cela a lieu quand le solide se déplace dans le même sens que le fluide, ou quand le solide se charge, puis, après un temps plus ou moins long, se décharge d'un seul coup. Le déplacement *automatique* a toujours l'avantage d'éviter toute perte de temps et de main-d'œuvre dans le chargement et dans le déchargement mais il n'économise plus les réactifs. Je citerai la fabrication du gaz en cornues verticales où il faut éviter un échauffement *méthodique* et détruire le goudron par une chaleur intense. Dans des cas semblables, les appareils ne seront qu'automatiques.

Influence du déplacement méthodique sur les frais F_1 de main-d'œuvre.

Le solide exposé dans l'appareil doit subir trois mouvements :

1° Il doit être introduit ;

2° Il doit être remué, soit pour aider les réactions, soit pour marcher en sens inverse de l'autre réactif;

3° Il doit être retiré.

Le déplacement méthodique rendant continus et automatiques ces trois mouvements, supprime les frais de main-d'œuvre.

Si le réactif solide est en POUSSIÈRES ou en MASSES, et peut être agité impunément, le déplacement pourra être produit par la pesanteur dans des appareils très-inclinés; ou par des hélices, des agitateurs, des cylindres tournants si les appareils sont peu inclinés.

Si le réactif solide est en MASSES MODELÉES ET FRAGILES, il faudra le déplacer en le posant dans des waggons ou sur des chaînes sans fin, ou bien il faudra le laisser immobile et changer méthodiquement le point d'arrivée du fluide réactif.

Ainsi, sous tous les rapports, les déplacements méthodiques doivent servir de base à une classification rationnelle des appareils pour mettre les corps en contact.

§ 3.

APPLICATION AUX FOURNEAUX DES GÉNÉRALITÉS PRÉCÉDENTES.

Nous nous occuperons dans ce mémoire des appareils pour mettre en contact les solides avec les gaz chauds. Le rôle important que ces appareils jouent, sous les noms de fours et fourneaux, dans la chimie industrielle et dans la métallurgie, leurs progrès tout récents (1), donnent un intérêt spécial à cette étude.

---

(1) En parcourant les brevets d'inventions, on trouve que ce n'est qu'à partir de 1850 que les inventeurs ont tourné leur attention sur les moyens de déplacer méthodiquement le solide dans les fours. Avant cette époque, les seuls fours méthodiques employés étaient les fours à cuve.

Nous avons donc cru devoir la choisir comme exemple des avantages que l'on peut retirer du rapprochement des appareils analogues des diverses fabrications spéciales.

Nous nous proposons de comparer, non seulement les formes des fours, mais encore les proportions adoptées dans les dimensions de chaque système. Nous tâcherons de découvrir ainsi les lois cachées qui ont amené empiriquement les industriels à préférer certains rapports. Ce système de comparaison est peut-être le seul qui ait quelque chance d'éclairer la routine, de connaître quand ses errements sont appuyés ou contredits par les autres industries, et d'arriver à des résultats généraux et sérieux.

Examinons d'abord les avantages spéciaux qui résultent du déplacement méthodique du solide dans les fours.

1° *Au point de vue des frais d'achat et d'entretien.*

Nous n'ajouterions rien à ce qui a été dit au § 2, si nous ne voulions montrer par un exemple que les fours méthodiques où la flamme seule touche le solide à traiter, peuvent être plus économiques que les fours non méthodiques où le combustible est en contact avec le solide.

Ainsi *à Liége*, d'après les notes de M. Lesoinne, 1$^{m^3}$ de briques cuites en tas demande 30 kilogrammes de houille. Il faut observer cependant que les ouvriers peu habiles doivent employer jusqu'à 60 et même 100 kilog. dans ce cas.

A Paris, le four méthodique de M. Demimuid (*Bulletin de la Société d'encouragement* 1857, art. *briques Bories*), qui contient un chemin de fer incliné, long de 50 mètres, sur lequel les briques en waggons descendent très-lentement en sens contraire de la flamme afin de s'échauffer et de se cuire méthodiquement, en même temps que de se charger et se décharger sans main-d'œuvre, consomme par 1$^{m^3}$ de briques cuites 24 kil. de houille.

Ce four coûte 7000 fr. avec son attirail. Celui-ci, se détériorant vite, exigerait plus de 700 fr. annuellement pour l'intérêt, l'amortissement, les réparations, les droits de brevets, etc. J'adopterai ce chiffre, puis un chiffre double.

Le four incliné cuit sans cesse, et en 24 heures 48 chariots en sortent; chacun d'eux porte 165 briques: c'est donc annuellement

$48 \times 360 \times 165 = 285120$ briques, sur lesquelles 700 fr. sont à répartir.

Chaque brique est donc grevée de :

$$\frac{700}{285120} \text{ fr.} = 0{,}0025$$

D'où 190 briques Bories, qui font 1^{m3}, coûtent $190 \times 0{,}0025 = 0{,}48$ fr.

Si nous admettons que la dépense annuelle est de 1400 fr., le 1^{m3} est grevé de 0 fr. 96.

Donc 1^{m3} coûte

	DANS LE FOUR DIMIMUID.		EN TAS.	
	Amortissement 10 °/₀	Amortissement 20 °/₀	A l'aide de bons ouvriers.	A l'aide d'ouvriers peu habiles
Pr la main-d'œnvre d'enfournemnt	0,00	0,00	0,20	0,20
Id. id. de cuisson .	0,10	0,10	0,20	0,20
Id. id. de défournemt	0,00	0,00	0,20	0,20
Le combustible (1).	0,44	0,44	0,55	1,00
L'intérêt et l'amortissement . .	0,48	0,96	0,00	0,00
	1,02 à	1,50	1,15 à	1,60

(1) Les prix consignés au tableau sont obtenus en comptant à 1 fr. 85 le kilogramme de houille, et en admettant que le four Dimimuid demande 24 kilog. et les tas 30 à 60 kilog. par 1^{m3} de briques cuites. Ces prix sont ceux de Liége; si on avait à employer ceux de Paris, qui sont bien plus élevés, le four Dimimuid paraîtrait beaucoup plus économique. Ce n'est que quand le combustible est très-coûteux qu'on peut immobiliser pour la cuisson des briques un capital de 7000 fr. qu'exige le four méthodique. Il faut cependant remarquer que la cuisson en tas produit des déchets considérables, et qu'il n'en est pas ainsi dans la cuisson en waggons.

Ce tableau montre que, bien que la chaleur y soit produite en contact immédiat avec le solide à chauffer, ce qui est favorable à l'économie du combustible, les tas sont cependant un peu moins économiques qu'un four méthodique où la flamme seule vient en contact avec le solide.

Dans toutes les circonstances spéciales où les objets ne doivent pas subir le contact du combustible, aucun appareil ne pourra lutter pour l'économie avec les fours méthodiques. Mais quand on peut les mettre en contact avec le combustible, il faudra employer des fours méthodiques qui permettent ce contact. Cet exemple prouve quelle influence l'amortissement et l'entretien peuvent avoir sur les prix de revient.

2° *Influence du déplacement méthodique sur la quantité fabriquée.*

Nous avons parlé de l'importance de la grande production et l'on sait qu'il faudra accueillir comme des perfectionnements tous les moyens d'enfourner et de défourner rapidement. Sous ce rapport, le déplacement méthodique est fort avantageux, parce que l'enfournement et le défournement ne se faisant pas au même endroit, ils ne se gênent pas l'un l'autre et peuvent devenir continus. On pourrait augmenter la production en prenant des fours plus grands, mais dans ce cas les constructions deviennent plus coûteuses et plus sujettes à détérioration. Comme exemple de l'influence du déplacement méthodique sur la production, nous citerons la métallurgie du fer qui doit toute son importance à l'emploi des hauts-fourneaux.

3° *Influence du déplacement méthodique sur l'économie du combustible.*

Avant d'examiner cette influence, voyons quelles circonstances spéciales on rencontre dans les fourneaux. Trois cas peuvent se présenter :

1° Le combustible peut être mis en contact avec la substance à échauffer.

Alors la masse est immobile, ou elle s'avance méthodiquement vers le point en ignition. Cette disposition est la plus favorable à l'économie du combustible.

2° La flamme seule est mise en contact avec la substance.

3° Le combustible et la flamme sont isolés de la substance à échauffer.

Dans ces deux derniers cas il faut employer des *grilles*. Nous devons donc dire quelques mots de celles-ci.

L'étendue de la grille d'un four quelconque est toujours proportionnée à la quantité de charbon à brûler par heure. En comparant les nombres adoptés par la pratique, on voit que toujours on brûle par heure et par décimètre carré de grille une quantité de $0^{k},5$ à 1^{k} de houille et $1^{k},0$ à $1^{k},5$ de bois (1).

Soit encore $0^{d3},5$ à 1^{d3} de houille et $2^{d3},8$ à $4^{d3},2$ de bois (2).

Nous prendrons, dans ce qui suivra, pour mesure de la consommation de combustible, l'étendue de la grille; ainsi, pour apprécier les divers systèmes au point de vue de l'économie du charbon, nous évaluerons le volume de four que chauffe un mètre carré de grille; ou, ce qui donne le même résultat, nous prendrons le rapport du volume total chauffé à la surface totale des grilles.

---

(1) Le *Manuel de l'ingénieur civil* (Encyclop. Roret), tome I, page 207, admet qu'il faut $1^{d2},7$ par 1^{k} de houille, soit 1^{d2} par $0^{k},66$ de houille à brûler par heure. Voici quelques-unes des valeurs comparées qui m'ont conduit aux chiffres que j'ai donnés :

1) Dans les fours à réverbère d'Engis pour la galène, on brûle 650^{k} de houille par 1000^{k} de minerais. Or, on traite 1100^{k} de minerais en 24 heures, c'est donc par heure $\frac{650 \times 1100}{1000 \times 24}$, et on emploie une grille de $0^{m2},66$. Cela donne $\frac{650 \times 1100}{24 \times 1000 \times 66} = 0^{k},45$ par 1^{d2} de grille ;

2) Dans les fours silésiens pour le zinc, on brûle 2145^{k} par 24 heures et par $1^{m2},32$ de grille, ce qui fait $0^{m},67$ par 1 heure et par 1^{d2} ;

3) Dans les fours à plâtre sur une grille de 1^{m2}, on brûle 110 à 150^{k} de bois par heure (*Aide Mémoire des ingénieurs* de Claudel, page 692), soit 12 à 13 fagots pesant de 8 à 9 kilogrammes.

(2) Un stère de bois cordé pèse de 300 à 400 kilogrammes, d'après Berthier. En admettant le chiffre 350, on trouve que 1^{k} de bois en bûche occupe le volume $\frac{1000}{350} = 2^{d3},8$.

Si l'on admet que la grille porte à chaque instant la quantité de combustible nécessaire pour une heure, on aura une épaisseur de houille de $0^d,5$ à 1^d, et une épaisseur de bois de $2^d,8$ à $4^d,2$.

Les foyers pour le bois devront donc être quatre fois plus profonds que ceux à la houille; on donne aux foyers une profondeur, entre la grille et l'autel, de :

$0^m,3$ à $0^m,4$ pour la houille et pour avoir un feu oxydant (1).
$0^m,6$ à $0^m,8$ pour la houille et pour avoir un feu réducteur (2).
$0^m,6$ à $0^m,8$ pour le coke qui ne brûle bien qu'en masse.
$0^m,7$ à $1^m,5$ pour le bois.

Si, pour échauffer l'air comburant, on laisse accumuler des mâchefers sur la grille, celle-ci doit être à une plus grande distance de l'autel. Dans ce cas, on pourra brûler du menu combustible.

Quant au mode de ventilation à choisir, on sait qu'il y a une grande économie à substituer les machines soufflantes à l'aérage par les cheminées. Les fours peuvent être considérés comme étant des carneaux plus ou moins obstrués par les objets à chauffer. Pour que la flamme circule sans choc et sans changement de vitesse, il faut que la section libre de la grille qui égale le $\frac{1}{5^{me}}$ de celle-ci, soit à peu près égale à la section libre des carneaux. Cependant dans le déplacement méthodique du solide en sens contraire de la flamme, on peut chercher à refroidir plus complètement les gaz en les fesant circuler lentement à travers des sections égales à la grille, mais alors il faut

(1) Ces dimensions sont adoptées dans les fours à réverbère pour évaporer et dessécher la soude, pour calciner le sulfate de soude mêlé au charbon et à la chaux, pour griller le plomb, etc.

(2) Dans les fours à puddler les grilles sont à 0^m 70 en dessous de l'autel. Ebelmen a trouvé qu'une épaisseur de $0^m,50$ de houille suffisait pour produire de l'oxyde de carbone réducteur. L'échauffement est, sans complication, accompagné d'oxydation, de grillage, de réduction. Il peut l'être aussi de fusion et de volatilisation.

augmenter, s'il est possible, les points de contact de la flamme avec le solide.

Ces distinctions faites, examinons quelles sont les causes de pertes de chaleur qu'il faut combattre. On a : 1° Le rayonnement extérieur; on l'utilise quelquefois à échauffer l'air qui va alimenter le foyer. 2° La chaleur attachée au solide défourné. On n'a guère réussi pratiquement à utiliser cette chaleur. 3° La chaleur attachée aux gaz qui s'échappent. Comme nous l'avons vu au § 2, on diminue cette cause de perte par l'échauffement méthodique. Celui-ci évite encore une autre perte de chaleur, c'est celle qu'on laisse dans les parois du four lorsqu'on interrompt le travail et qui se perd pendant le chômage. Ces interruptions frayeuses sont évitées par la continuité du déplacement méthodique.

Avantages spéciaux du déplacement méthodique dans les fourneaux.

Il est des cas où il est de la plus grande importance d'échauffer méthodiquement et graduellement les solides. Tel est celui de la cuisson des poteries qu'un échauffement brusque briserait infailliblement.

Le charbon gras à changer en coke peut aussi se trouver très-bien d'un échauffement méthodique progressif.

Mais la houille demi grasse s'en trouverait très-mal (1), parce qu'il faut une chaleur instantanée dans toute la masse pour que tout le goudron y fonde et produise l'agglutination nécessaire.

Le grillage des sulfures sera favorisé par un échauffement méthodique qui évitera les agglutinations. On sait que les sulfures, étant très-fusibles, deviendraient pâteux s'ils étaient soumis à une température élevée, mais quand ils ont été en

(1) Nous avons dit dans une note du § 2 que les fours peuvent être *automatiques* sans être *méthodiques*, mais comme cette dernière qualité peut être donnée facilement aux fours automatiques, nous ne séparerons pas ceux-ci de leurs analogues méthodiques, et dans la classification ils seront côte à côte parce qu'ils ne diffèrent pas sensiblement.

partie changés en sulfates et en oxydes, ce danger n'est plus à craindre et une chaleur élevée devient même très-avantageuse pour achever l'oxydation et pour détruire les sulfates produits. On devra donc préférer, pour le grillage, les appareils méthodiques qui soumettent la substance à un coup de feu au moment de sa sortie.

Les fours et fourneaux méthodiques et automatiques ont un dernier avantage très-important : ils mettent les ouvriers à l'abri des émanations arsénicales et sulfureuses, ils les préservent des froids et des chaleurs brusques qui provoquent tant de maladies de poitrine souvent mortelles. Cette salubrité a valu à plusieurs fours méthodiques des prix et des médailles d'or.

Ce que nous avons dit au § 2 des appareils méthodiques, au point de vue de l'économie de la main-d'œuvre, peut s'appliquer aux fourneaux, nous ferons seulement observer que les diverses catégories de dépenses sont intimement liées entre elles, de sorte qu'augmenter l'une, c'est souvent diminuer les autres, et réciproquement. Si on augmente la dépense d'établissement et celle d'entretien, on diminue généralement les dépenses de combustible et de main-d'œuvre, et on augmente la production. D'ailleurs il est un moyen de rendre méthodique l'échauffement sans augmenter beaucoup les frais d'établissement, c'est de déplacer l'entrée de la flamme. Ce système est, du reste, le seul à employer lorsque le solide à échauffer ne peut être déplacé, soit à cause de son poids, soit à cause de sa fragilité.

Les considérations précédentes nous ont conduit à la classification suivante :

FOURS															
NON MÉTHODIQUES. LE SOLIDE EST				MÉTHODIQUES TRÈS-INCLINÉS. LE SOLIDE EST			MÉTHODIQUES PEU INCLINÉS.						MÉTHODIQUES A DÉPLACEMENT DE FLAMME.		
IMMOBILE ET			AGITÉ.	EN CONTACT AVEC LE COMBUSTIBLE	EN CONTACT AVEC LA FLAMME.	ISOLÉ.									
EN CONTACT AVEC LE COMBUSTIBLE	EN CONTACT AVEC LA FLAMME	ISOLÉ.													
Tas. Fours.	Fours à réverbère. Fours à dôme.	Fours à parois creuses. Fours à moufles. Fours à cornues.	Fours horizont^x et cylindriq. à agitateur.	Fours à cuve. Hauts-fourneaux. Cubilots.	Fours verticaux à grilles	Fours verticaux à parois creuses Fours à cornues verticales.	Fours à hélices.	Fours à cylindre incliné tournant.	Fours à cylindre descendant roulant.	Fours à chaîne de Vaucanson.	Fours à chemins de fer.	Fours à soles successives.	Fours à foyer mobile.	Fours à registres.	Fours régénérateurs.
§ 4	§ 5	§ 6.	§ 7	§ 8	§ 9	§ 10	§ 11	§ 12	§ 13	§ 14	§ 15	§ 16	§ 17	§ 18	§ 18

Les fours des six premiers paragraphes étant décrits avec assez de détails dans la métallurgie, nous nous bornerons à comparer ceux que cet art emploie, avec ceux de la chimie et de l'architecture industrielle; ainsi les tas à carboniser peuvent être mis en parallèle avec ceux pour cuire la chaux, les briques, etc. Les fours à pyrite et à soude avec ceux à puddler, à griller, etc. Les fours à zinc avec les fours à gaz d'éclairage et avec les fours à coke.

Si, donc, les fours des paragraphes 4 à 9 ne sont pas décrits, c'est que nous avons craint de surcharger ce mémoire de choses que tous les ingénieurs connaissent.

PREMIÈRE PARTIE.

§ 4.

FOURS NON MÉTHODIQUES OÙ LE COMBUSTIBLE EST INTERCALLÉ DANS LE SOLIDE.

Nous distinguerons le cas où les parois sont provisoires, et celui où elles sont permanentes.

1er *cas.* — *Tas, meules.*

CONDITIONS POUR QU'ILS PUISSENT ÊTRE EMPLOYÉS. 1° Il faut que les substances à traiter soient assez résistantes pour pouvoir être empilées, car pour économiser le combustible, on doit donner aux tas des dimensions considérables.

2° On les employera quand l'opération à effectuer devra si souvent changer de place, ou quand elle sera tellement accidentelle qu'on ne pourra faire la dépense d'un four permanent. La cuisson des briques, de la chaux, la carbonisation dans les forêts sont dans ce cas.

3° Il faut que la température exigée ne soit pas très-élevée. Aussi, les tas sont d'un mauvais emploi pour le grillage des sulfures, parce que la chaleur n'est pas suffisante pour détruire les sulfates produits et isoler l'oxyde. Les parties centrales du tas ont seules chance d'être suffisamment chauffées.

4° Il faut que la substance traitée soit combustible, ou qu'on puisse la mêler avec un combustible sans que les cendres de celui-ci aient ultérieurement une action nuisible. On ne peut cal-

ciner en meule le calcaire qui doit donner de la chaux blanche.

Usages. Il résulte des considérations précédentes qu'on ne peut employer les meules que pour la carbonisation du bois, de la tourbe, de la houille; pour le grillage du sulfure du cuivre et de la pyrite; pour la calcination de la chaux; pour la cuisson des briques.

Description. Nous distinguerons dans un tas : la sole, la forme et la composition du tas, les canaux et cheminées d'allumage, les parois des côtés et du haut.

La sole ou faulde doit, quel que soit l'usage du tas, être en terre tassée, non fissurée, mise à l'abri des eaux par un fossé, et inclinée du centre vers l'extérieur.

La forme du tas devant diminuer la surface rayonnante en augmentant le volume, sera cubique ou hémisphérique. C'est aussi pour diminuer l'étendue relative de la surface rayonnante qu'il faut préférer les gros tas aux petits. Cependant on ne leur donne pas plus de 400^{m3} parce que au delà le feu est trop difficile à conduire. Il est avantageux d'allonger le tas dans le sens des vents dominants. Les soles sont donc des rectangles d'environ 8^m sur 12^m de côté, ou des ellipses de 9 à 15^m de diamètre. La hauteur du tas est ordinairement la moitié de sa largeur, elle augmente avec la nature flambante du combustible.

La composition du tas varie suivant que la matière traitée est combustible ou incombustible. Si on traite des sulfures, du bois, de la houille, il faut disposer le tout de manière à ne laisser que peu de vides. Si on traite de la chaux, on intercale des lits de houille de 15 centimètres entre des lits de calcaire de 30 centimètres d'épaisseur. Si on traite des briques, on met 1 centimètre de houille entre les lits de 6 centimètres de briques. On peut diminuer la quantité de combustible vers le centre du tas.

Les canaux et les cheminées d'allumage sont posés symétriquement dans le tas, d'ordinaire la cheminée est au milieu, des canaux de 25 centimètres sur 30 en divergent et aboutissent au pourtour. Dans les tas de bois on ne fait qu'un canal, quelquefois on n'en fait pas et on met le feu par la cheminée vide. Dans les tas de briques, les canaux sont parallèles et espacés de $0^m,6$ c. Les canaux et les cheminées se construisent à l'aide des plus gros morceaux de la substance à traiter; ainsi,

dans les meules de bois, on ménage une cheminée à l'aide de trois troncs minces tenus écartés symétriquement par des triangles. Dans les tas de houille, on fait au Staffordshire des cheminées en briques à claires voies, hautes de $1^{m},5$ et portant un registre en haut.

Les PAROIS du haut et des côtés se font en argile, ou mieux en gazons dont le chevelu est tourné vers l'intérieur. On met au haut une couche de fraisil (charbon et terre) de 5 centimètres.

On conduit le feu à l'aide de cette couverture, en l'enlevant on attire la flamme du côté où elle se portait trop peu.

Lorsque l'on a une suite de lits de calcaire et de houille, on met quelquefois sur tout le pourtour une couche de houille qui transmet le feu d'une couche à l'autre.

Une précaution importante est de mettre un paillasson du côté d'où vient le vent.

Nous avons dit au § 3 que le système des tas est souvent l'un des plus économiques.

2me cas. — *Tas à parois permanentes.*

Ces espèces de fours sont quelquefois préférés aux tas simples parce qu'ils conservent la chaleur et éloignent l'eau de pluie; mais ils ont l'inconvénient d'exiger un temps considérable pour le refroidissement complet des substances.

USAGES. On les emploie surtout lorsqu'il faut recueillir les matières volatiles. Ils sont d'ailleurs employés dans les mêmes cas que les tas à parois provisoires.

FORME. Ces fours sont ronds ou rectangulaires, fermés ou non au haut par une voûte. On peut rattacher à cette catégorie de fours, les forges des maréchaux, les petits foyers allemands et les forges catalanes. Dans ces derniers appareils, la substance à traiter est mise en petits tas en contact avec du combustible soumis à un jet d'air et logé entre quatre murs.

Les tas ne conviennent guère pour produire une forte chaleur, aussi ces petites forges dépensent énormément de combustible relativement au travail qu'elles effectuent. Les gros tas peuvent être souvent très-économiques; comme ils ne diffèrent des tas précédemment décrits que par leurs parois, nous ne dirons quelques mots que de celles-ci.

Les parois peuvent être formées par *le sol excavé*. La fosse est légèrement conique, les parois sont fortement battues; et, au haut, on loge une couronne de briques qui sert à supporter le couvercle. (Telles sont les fosses pour carboniser le bois de M. La Chabeaussière.)

Les parois peuvent être formées par des *claies mobiles*. M. Foucault forme ces claies avec de l'osier tressé et maintenu par deux montants convergents en bois. On peut facilement ajuster deux claies voisines à l'aide de poignées et de clavettes. Ces claies sont enduites d'argile.

Les parois sont quelquefois en *pisé*. M. Schwarz, en Suède, les fait en sable et argile mélangés. Un four en pisé de 170^{m2} coûte 2900 francs.

Généralement les parois sont en *maçonnerie*. Nous sortirions du sujet de ce mémoire si nous décrivions toutes les formes adoptées, tous les systèmes de ventilation proposés.

§ 5.

FOURS NON MÉTHODIQUES.

Fours où la flamme seule pénètre le tas.

Ces fours peuvent se diviser en deux grandes classes. Dans la première se rangeront les fours à réverbère où le solide est disposé en couches minces; dans la deuxième seront les fours à dôme où le solide est en masse épaisse. Dans les fours à sole ou à réverbère la flamme lèche le solide, dans les fours à dôme la flamme le traverse. Tous servent à calciner, à cuire, à fondre, à réchauffer.

Dans l'un et l'autre systèmes, il faut que tout l'espace du four soit élevé à une température donnée; plus cette température sera forte, plus la grille devra être étendue par rapport à la sole ou à l'espace logé sous le dôme. Nous avons cru qu'une comparaison sous ce rapport entre les diverses variétés de fours donnerait la base des proportions à adopter dans leur construction; nous avons donc comparé les longueurs et largeurs des soles, des grilles et des dômes dans les diverses opérations industrielles et nous les avons classées en conséquence comme suit : [pour éviter toute confusion, nous donnons dans la fig. 1' (pl. 1) la position des longueurs L et *l'*, des largeurs *l'* et L'].

FOURS A RÉVERBÈRE.

SOURCE DES RENSEIGNEMENTS	USAGE ET LOCALITÉ.	GRILLE			SOLE.			RAPPORT.			DISTANCE DE LA VOUTE	
		largeur l.	longueur l.	surface S	largeur L'	longueur l'	surface S'	$\frac{S'}{S}$	$\frac{L'}{L}$	$\frac{l'}{L'}$	à la sole.	à l'autel.
Métall. de Rivot	Grillage des minerais de cuivre en Angleterre . .	0m,90	1m,20	1 m²,08	4m,5	5m,25	22m² ,575	20	5,5	1,2		
Idem.	Coupellation en Angleterre	0 ,40	1 ,20	0 ,48	1 ,10	1 ,60	5 ,52	11,5	0,9	1,4	0m,55	0,40
Métall. de Rivot.	Grillage de la galène en Angleterre	0 ,65	1 ,40	0 ,91	2,5 à 2,4	3 ,70	9 ,45	10	1,8	1,5		
Idem.	Coupellation au Hartz.	0 ,50	1 ,40	0 ,70	5m,1	5 ,10	7 ,54	10,8	2,0	1,0	1 ,50	0,40
Atlas autogr. de M. Chandelon.	Four à évaporer . . .	0 ,45	1 ,6	0 ,72	1 ,7	4 ,00	6 ,8	9,4	1,06	2,4	1 ,00 •	0,70
Idem.	Four à soude	0 ,65	1 ,8	1 ,17	2,4 à 0,5	4 ,50	9 ,6	8,2	1,5	1,9	0,83 à 0,69	0,50
Idem.	Four à dessécher . . .	0 ,45	1 ,8	0 ,81	2,0 à 0,45	3 ,00	5	6,2	1,4	1,5	0 ,55	0,53
Métall de Rivot.	Four à calciner le sulfate d'argent au Mansfeld . .	0 ,50	2 ,00	1	2,6	2 ,6	4,5 cercle	5 à 4	1,5	1,0		
Idem.	Four de Carinthie pour la galène, on brûle du bois.	0 ,47	1 ,35	0 ,65	1,46	3 ,4	4 ,2	6,6	1,0	2,1		
Cours de M. Gillon.	Four à galène d'Engis .	0 ,4	1 ,5	0 ,6	1,25	2 ,1	2 ,3	4,1	0,8	1,6		
Atlas autogr. de M. Chandelon.	Four à massicot dans les verreries (grillᵍᵉ du plomb)							4	0,9	1,0	0 ,95	0,70
Atlas de métal. de Leblanc.	Four à réchauffer. . .	0 ,7	1 ,3	0 ,91	1,4 à 0,8	2 ,4	5 ,12	5,4	1 0	1,7		
Idem	Four pʳ refondʳᵉ les gueuses	1 ,00	1 ,6	1 ,6	1,4	3 ,2	4 ,48	2,8	0,87	2,5		
Idem.	Four à réchauffer les tôles.	1 ,5	1 ,12	1 ,45	1,12	3 ,18	3 ,55	2,5	1 0	2,8	0 ,78	0,55
Idem	Four à puddler . . .	0 ,8	1 ,3	1 ,04	1,5 à 0,5	2 ,1	2 ,31	2,2	0 89	1,9	0 ,60	0,50
Atlas autogr. de M. Delvaux.	Four à puddler belge .	1 ,0	1 ,0	1 ,00	1,0 à 0,5	1 ,5	1 ,5	1,5	1,00	1,5	0 ,5	0,4

FOURS A DOME.

SOURCE DES RENSEIGNEMENTS	USAGE ET LOCALITÉ.	GRILLE.			DOME.				RAPPORT DU VOLUME A LA GRILLE OU NOMBRE DE MÈTRES CUBES CHAUFFÉS PAR 1m² DE GRILLE.
		largeur.	longueur.	surface.	largeur.	longueur	hauteur.	volume.	
Atlas autogr. de M. Chandelon.	Four à poterie de Fergusson	1m,1	1m,3	1m²,43	8m,3	8m,3	3m,3	70m²	30
Idem.	Fours à 6 grilles pour poterie à Andenne . . .	0 ,4	6 × 0,68	1 ,63	3 2	3 ,2	2 à 2,8	18 ,48	11,3
Aide mém. de Claudel	Four à pouzzolane au pont aqueduc de Guétin . . .	1 ,15	2 × 1,3	2 ,99	(cercle)			25	8
Atl. de M. Chandelon	Cuisson des produits réfractaires à Engis . . .	0 ,6	2 × 2	2 ,4	3 ,3	3 ,3	1,1 à 4,6	22 ,14	9,2
Atlas lithogr. de M. Chandelon Pl. 22.	Fusion du verre dans dix pots placés autour d'une grille (1).	0 ,3	2m,8	1 ,4	3 ,3	3 ,3		11 ,33	8,2
Aide mém. de Claudel	Cuisson de briques . .	1 ,4	0,8 à 2,8	2 ,66	3 ,0	3 ,3	2m,4	23 ,76	8,9
Atlas de métall. de Leblanc	Four de chaufferie . .	1 ,1	1m,3	1 ,63	1 ,1	1 ,3	0,4 à 0,33	0 ,82	0,3

(1) On trouvera dans le *Traité des arts céramiques*, par Brongniart, t. I, p. 189, pl. XII à XXXVIII et t. II, p. 293, pl XLI à L, divers fours à dôme, à alandiers, etc.

Les résultats fournis par le tableau précédent sont assez remarquables.

1) Ils montrent d'abord dans *quel rapport il faut faire croître la sole, en laissant la grille invariable*, afin d'obtenir des températures de moins en moins élevées. Ainsi, on voit que les fours à griller doivent avoir des soles deux ou trois fois plus grandes que les fours de fusion, et ceux-ci une sole 1 1/2 fois plus grande que ceux de puddlage.

Ils montrent aussi que pour une même opération, (ainsi, pour le traitement de la galène) le rapport de la sole à la grille peut varier de $\frac{10}{1}$ à $\frac{4}{1}$. Ces grandes différences doivent influencer considérablement sur le travail. En effet, on a :

LOCALITÉ.	RAPPORT DE LA SOLE A LA GRILLE	RAPPPORT DE LA SOLE EN CENTIM. CARRÉS A LA CHARGE EN KIL. PENDANT 24 HEURES.	RAPPORT DU COMBUSTIBLE A LA CHARGE.	TRAVAIL DES OUVRIERS
Carinthie.	6,6	64^{c2} pour 1 kil.	8 à 10 (1)	Énergique.
Engis.	4,1	23 » »	6	Énergique.
Angleterre	10	20 » »	5,2	Très-énergique.

Si, en Angleterre, on peut traiter plus de substance par 1^{m2} de sole et par heure, quoique l'échauffement soit beaucoup moindre, c'est qu'un travail énergique produit une légère diminution dans la consommation du combustible. Alors, en effet, la grande sole inégalement chauffée exige que l'on déplace la substance sur une grande étendue.

(1) Le nombre exact est 16 de bois, ce qui correspond à environ 8 de houille.

On peut conclure que si la sole est très-étendue par rapport à la grille, il faut que le travail augmente. D'ailleurs la combustion de la galène produit une chaleur qui permet une grande sole.

2) Le tableau montre que *le côté de la grille qui longe la sole est presque toujours égal à ce côté de la sole*, en d'autres termes que la grille a sa longueur égale à la largeur de la sole. [Cependant quand la longueur de la grille doit dépasser $1^m,5$ à 2^m, on cesse de la faire aussi grande que la largeur de la sole.] De là résulte que *la largeur de la grille est à la longueur de la sole comme la surface de la grille est à la surface de la sole.* La grille est d'autant plus étroite et la sole plus longue, que la température à produire est moins élevée. Presque tous les fours ont des grilles de 1^{m2}.

La forme de la sole doit être telle que le ringard puisse l'atteindre en tous les points. Elle doit aussi se rétrécir en se rapprochant de la cheminée, à cause du retrait que prennent les gaz en se refroidissant. [Nous décrirons plus loin le procédé de Siemens pour rendre méthodiques les fours à réverbère, nous verrons qu'ainsi perfectionnés ceux-ci peuvent recevoir des soles d'une étendue double de celle qu'il faut actuellement employer pour une surface de grille donnée.]

3) *La sole a une longueur qui est de 1 à 2,5 fois plus grande que sa largeur*, et cela afin d'avoir une chaleur peu différente aux côtés opposés de l'entrée et de la sortie de la flamme. Dans tous ces fours, les murs doivent être réfractaires jusqu'à une profondeur de 30 centimètres. M. Deville a trouvé que la substance la plus réfractaire et la plus réfléchissante était la chaux vive. Il l'emploie exclusivement dans ses fours à fondre le platine.

La voûte qui réverbère la chaleur est à une distance de la sole de $0^m,6$ *à 1 mètre*; on devra accroître cette distance vers l'entrée de la flamme quand la sole est très-longue. *L'autel surmonte la sole de* $0^m,3$ dans presque tous les cas.

Telles sont les règles empiriques généralisées pour les meilleures proportions économiques. Nous ne nous occuperons pas des portes, des soles, des fours à voûte ou à sole mobiles, tous ces détails sortent du cadre de ce mémoire, et nous nous bor-

nerons à dire que la position des portes de la sole doivent permettre un facile accès sur tous les points de celle-ci.

Dans les fours à dôme, la somme *des surfaces de grille* est beaucoup plus considérable que dans les fours à réverbère, elles ont de $1^{m2},5$ *à* 3^{m2}. Cela tient à la forme des fours à dôme. Étant ronds, ayant une sole à claire voie que traverse la flamme venue d'en dessous, ils peuvent recevoir plusieurs grilles symétriquement disposées au pourtour. Ces petites grilles sont plus facilement soignées; quand l'une d'elles se charge, sa fumée se mêle immédiatement avec des flammes qui la brûlent.

Les fours d'Andenne, qui offrent cette disposition, peuvent chauffer 11 mètres cubes de chambre avec 1 mètre carré de grille, les fours qui n'ont pas plusieurs petites grilles n'en peuvent chauffer que 8 à 9 (1).

Nous devons donc conclure, que *dans les fours à dôme, il faut adopter la disposition d'Andenne, qui est de loger* 6 *grilles équidistantes sous la sole à claire voie : alors on évite la fumée et on peut chauffer au rouge* 12 *mètres cubes de chambre, avec* 1 *mètre carré de grille, c'est-à-dire, d'après ce que nous avons trouvé au* § 1, *avec* 50 *à* 100 *kilogrammes de charbon par heure.*

§ 6.

FOURS NON MÉTHODIQUES. (*Suite.*)

Le solide est en vase clos ou en fours clos.

Les fours de cette catégorie servent quand le solide ne doit pas être sali par la flamme, ou quand il y a une matière volatile à isoler. Cependant, quand cette matière volatile peut se con-

(1) Une disposition, décrite dans la chimie industrielle de Payen, et employée dans les fours à calciner les os, permet une économie de combustible et un échauffement plus grand. La flamme sort de la base du dôme par 8 ouvertures, elle doit alors circuler extérieurement à l'entour du dôme, et, retenue par un dôme extérieur, elle est conduite jusqu'au haut d'où elle s'échappe pour aller s'utiliser dans des séchoirs.

denser, comme le mercure, le zinc, le chloride hydrique, on peut employer les fours à réverbère ou les fours à cuve.

Les usages sont donc :

Pour les vases clos (cornues, mouffles, creusets) : la cuisson du pain, la torréfaction du bois, la fusion des métaux précieux, la distillation du zinc, du gaz d'éclairage, etc.

Pour les fours clos (fours à parois creuses) : la cuisson du pain, la torréfaction, la carbonisation de la houille, la distillation du chloride hydrique, du gaz d'éclairage, etc.

Il est évident que, pour une même contenance, plus les vases offriront de surface à la flamme, plus ils économiseront le combustible. Nous savons (voir le paragraphe troisième) que la quantité de combustible brûlée par heure est proportionnelle à l'étendue de la grille, nous n'avons donc encore qu'à chercher les volumes de vases qu'échauffe un mètre carré de grille, dans les diverses applications industrielles.

	SOURCE DES RENSEIGNEMENTS.	USAGE.	GRILLE.			VOLUME DES VASES.				RAPPORT DU VOLUME chauffé à la SURFACE DE GRILLE.	REMARQUE
			largeur.	longueur	surface.	largeur.	hauteur.	longueur	volume.		
		Chaudières à vapeur pour 1 cheval de force. . . .			0^{m2},05				0^{m3},200	$\frac{0,200}{0,05}=4$	
Four clos à parois creuses.	Atlas lithog. pl. 7 de M. Chandelon.	Four écossais pr la fabrication du gaz d'éclairage. .	0^m,45	0^m,6	0 ,27	0^m,965	0^m,204 à 0 ,333	2^m,134	0 ,555	2	
	Atlas autog. de M. Chandelon.	Fabricatn du chloride hydrique et du sulfate sodique. .	0 ,60	1 ,8	1 ,08	2 ,5	0 ,4 à 0 ,6	2 ,5	3 ,125	3	
	Idem.	Oxydatn du sulfate sodique, blanchimt du sel de soude. .	0 ,20	2×0,6	0 ,24	1 ,0	0 ,13 à 0 ,25	2 ,0	0 ,38	1,6	
Vases clos.	Idem.	Four à gaz à une cornue	0 ,25	0 ,25	0 ,062	0 ,3	0 ,15 à 0, 35	1 ,3	0 ,2	3	
	Atlas lithogr. pl. 3.	Four à gaz à cinq cornues. . . .	0 ,45	0 ,70	0 ,315	0 ,46	0 ,36 à 0 ,40	2 ,00	5×0^{m3},37=1^{m3},85	6	
	Idem autog.	Four à gaz à sept cornues. . . .	(0,21)×2	0 ,90	0 ,38	0 ,34	0 ,30 à 0 ,46	2 ,32	7×0 ,39=2 ,73	7 (1)	
	Cours de mét. de M. Gillon.	Four Liégeois pr le zinc à Corphalie.	0 ,40	1 ,40	0 ,56	0 ,13 à 0 ,18	0 ,15 à 0 ,18	1 à 1,1	42×0 ,085=3 ,57	6,4	6 rangées superposées.
	Idem.	A Engis . . .				id.			70×0 ,085=5 ,95		5 id.
	Idem.	A la Vllle-Montagne				id.			56×0 ,085=4 ,76		9 id.
	Idem.	Four silésien pour le zinc	0 ,44	3 ,00	1 ,32	0 ,22	0 ,55	1 ,40	32×0 ,14=4 ,48	3,4	

(1) Nous avons vu dans les tableaux précédents, que lorsque la flamme pénètre le tas, il faut 1^{m2} de grille pour 8 à 11 mètres cubes à chauffer. On ne peut donc espérer chauffer plus de 7^{m3} de vases clos avec 1^{m2} de grille.

Le volume du four qui enveloppe les vases clos, est aussi à noter.

LOCALITÉS.	USAGES.	SURFACE DE GRILLE.	VOLUME DES VASES CLOS.	FOUR.				RAPPORT DU VOLUME DU FOUR AU VOLUME DES VASES CLOS.	RAPPORT DU VOLUME DU FOUR A LA SURFACE DE GRILLE.	REMARQUE.
				LARGEUR.	HAUTEUR.	LONGUEUR	VOLUME.			
Corphalie.	Four à zinc.	0m²,37	3m³,37	2m,40	2,60 à 3,12	1m,	7m³,2	2	12	
Vieille-Montagne	Idem.		4 ,76	2 ,50	2,95 à 4,20	1	8 ,9	1,8 (1)		
Nouv[le]-Montagne	Idem.		3 ,95	2 ,30	1,70 à 2,10	2	7 ,2	1,3		
Paris.	Four à gaz à 3 cornues.	0 ,315	1 ,85	1 ,75	0,70 à 1,70	2	3 ,2	1,8	10	
Silésie.	Four à zinc.	1 ,32	4 ,48	4,95	0,72	3 ,5	12 ,15	2,8	10	

(1) Ainsi, le volume utilement chauffé n'est que la moitié du volume total.

Les chiffres précédents montrent combien il est avantageux d'avoir des vases clos peu volumineux, à parois peu épaisses, offrant de vastes surfaces de chauffe. On voit en effet dans le tableau que 1me de grille, c'est-à-dire 50 à 100 kilogrammes de charbon par heure, maintiennent au rouge
ou bien 2 mètres cubes de four clos contenant de la houille,
ou 3 mètres cubes de cornue, quand il n'y en a qu'une,
ou 6 mètres cubes de cornue, quand il y en a cinq,
ou 7 mètres cubes de cornue, quand il y en a sept (1).

Nous pouvons donc conclure qu'il faudra remplacer partout les murs en briques réfractaires de 7 à 10 centimètres d'épaisseur, par des parois d'une seule pièce en terre réfractaire de 3 à 6 centimètres d'épaisseur.

Les mêmes conclusions s'appliquent aux fours à coke, à parois creuses, que nous n'avons pu comparer aux précédents parce qu'ils n'ont pas de grille. Nous voyons que, pour que ces fours soient très-économiques, ils doivent être formés d'un grand nombre de cornues en terre réfractaire, assez rapprochées les unes des autres, et entre lesquelles brûleront les gaz dégagés de la houille. Nous verrons plus loin que ces fours pourront devenir méthodiques si on place verticalement les cornues.

Les mêmes conclusions s'appliquent aux vases pleins de bois à torréfier que l'on chauffe à l'aide de la flamme perdue des gueulards.

Une autre source d'économie est obtenue quand on accole les fours les uns aux autres. Ainsi, à Paris, on a trouvé que la consommation de combustible pour distiller un hectolitre de houille était :

	Dans un four isolé.	Dans deux fours accolés.
Si on n'emploie que deux cornues . .	31^k,5	23^k,2
Si on emploie cinq cornues	22^k,7	18^k,8

(1) Nous renvoyons pour plus de détails sur l'influence du nombre et de la position des cornues, à la belle discussion que M. Gillon a faite des fours à zinc dans son cours de métallurgie.

Aussi, pour le zinc et le gaz d'éclairage, on accole toujours quatre fours. Les fours à coke sont accolés en nombre beaucoup plus grand.

Nous avons maintenant à comparer les substances dont on peut faire les vases clos. Nous avons vu ci-dessus qu'il fallait préférer les vases en terre réfractaire moulés d'une pièce à ceux en briques. La terre réfractaire doit aussi être préférée à la fonte grise, qu'on a d'abord employée pour les cornues à gaz, et à la tôle qui a été employée pour la torréfaction du bois, et, par M. Roland, pour la cuisson du pain. Cette préférence est due à ce que :

1° Ces vases en terre réfractaire coûtent moins que les vases métalliques. Ainsi, pour le gaz, le prix des cornues métalliques contenant 70 kilog. de houille est de 200 fr., tandis que celui des cornues en terre réfractaire, contenant 100 kilog. de houille, ne s'élève qu'à 60 fr.

2° Ils durent deux fois plus quand on a pris quelque soin pour leur confection et pour leur mise en feu. Les métaux exposés sans cesse à une température rouge, se brûlent vite.

3° Ils n'altèrent pas les substances qu'ils contiennent, tandis qu'on ne pourrait distiller le zinc dans des cornues métalliques. Le seul défaut de la terre est d'absorber des gaz dans ses pores pendant les premiers jours de son emploi.

4° La terre réfractaire, étant mauvaise conductrice de la chaleur, peut être portée à une température très-élevée, elle permet donc un échauffement plus intense des substances. Les métaux absorbent sans cesse le froid qui existe à l'extrémité du vase exposé à l'air libre, ils ne peuvent s'échauffer aussi fortement. La terre réfractaire émet 6 à 8 fois mieux la chaleur que les métaux.

La terre réfractaire ne doit être rejetée que lorsque les vases devront être soumis à une pression énergique et à des variations brusques de températures.

La forme à adopter pour les vases est aussi une chose importante. On rejette le cercle, parce qu'il offre un périmètre minimum pour une contenance maximum, le demi-cercle qu'affectent les moufles est préférable. On l'a adopté pour les cornues à gaz

et pour les cornues à zinc, en Silésie. Nous ferons cependant observer que les moufles de Silésie, n'étant chauffés que latéralement et supérieurement, ont dû être allongés en hauteur. Toute la partie inférieure assez étroite repose sur un massif. Il eut été possible de supporter ces moufles d'une manière analogue à celle employée pour les cornues à gaz et qui permet à la flamme de passer par dessous. Le cercle a cependant l'avantage de permettre une dilatation uniforme en tous les points.

Les *dimensions* ne doivent pas être tellement grandes que la partie centrale du vase soit soustraite à l'action du feu, elles ne doivent pas être trop petites, le chargement et le déchargement devenant alors difficile. Cependant, nous verrons qu'en plaçant verticalement les cornues et les terminant par des boîtes à double fond, il est facile d'avoir un chargement, un avancement et un déchargement mécaniques. Les cornues, dans ce cas, pourront être très-étroites. Si elles sont horizontales, il faut admettre les dimensions des cornues à gaz et à zinc qui ont été trouvées les plus convenables pour l'échauffement et le chargement.

L'échauffement peut être aidé par une circulation aérotherme lorsqu'il ne faut pas distiller, mais cuire des aliments. LEMAIRE et JAINTEL (voir la *Chimie industrielle de Payen*, article *Cuisson du pain*) ont imaginé de chauffer fortement l'air par son passage dans des tubes réfractaires qu'entoure le combustible. Cet air monte échauffé dans le four, puis, refroidi, redescend à l'autre bout pour s'échauffer et remonter encore.

Lorsque la température doit être énergique, il y a économie à envelopper les vases avec le combustible ardent (1). Tel est, par exemple, le cas de la fusion de l'acier dans des creusets. Pour avoir une combustion énergique dans toute l'étendue de ce combustible, MITCHERLICH a imaginé de l'envelopper d'une tôle perforée à l'extérieur de laquelle est foulé de l'air comprimé.

---

(1) M. Sainte-Claire-Deville les enveloppe d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène ardents. — La température qu'il obtient ainsi lui permet de fondre le platine en masses assez considérables.

Dans ce cas, il serait avantageux d'adopter les cornues plates décrites dans les *Brev. d'Inv.*, t. XXVIII, p. 20, pl. I, dans le *Bulletin de la Société de Mulhouse*, t. 25, p. 31, et de disposer l'air, le charbon et les cornues comme l'indique la figure 2', planche 22.

Si de telles cornues étaient posées verticalement, on pourrait charger et décharger d'une manière continue et méthodique la substance à traiter et le combustible. On aurait alors un excellent four pour fondre de l'acier ou d'autres substances réfractaires (1).

§ 7.

FOURS NON MÉTHODIQUES OÙ LE SOLIDE EST REMUÉ.

USAGE. Ils servent pour calciner d'une manière uniforme et pour griller, oxyder complétement les minerais.

On les emploie donc pour la torréfaction du café, de la chicorée, du bois qui sert à fabriquer la poudre, etc., pour le grillage des minerais d'étain, de plomb, de cuivre, etc.

APPRÉCIATION. Quand le remuement est mécanique, ces fours ne sont pas à conseiller, parce que nous verrons qu'en les perfectionnant légèrement on peut rendre méthodiques le chargement,

(1) On pourrait croire qu'il est impossible d'employer pour la distillation de la calamine et du coke des cornues verticales, parce que le tassement s'opposerait au dégagement des vapeurs. Mais la pratique montre que cette opinion n'est pas fondée : MM. Appolt distillent la houille dans des fours verticaux de plus de 4 mètres de hauteur. Cela doit être quand la descente de la substance est méthodique, parce qu'en arrivant, elle se trouve dans les parties supérieures du four, où, peu pressée et assez fortement chauffée, elle commence à distiller. Les pores laissés dans la masse aideront la distillation subséquente. Puis, en avançant, elle trouve une chaleur de plus en plus intense et efficace pour volatiliser. D'ailleurs la tension des vapeurs doit, dans ce cas, être tellement énergique que la pression de 1/4 d'atmosphère, au plus, qu'exercent les substances superposées, peut être considérée comme négligeable. Un courant de gaz réducteur pourrait d'ailleurs aider, par entraînement, à la distillation.

le mouvement et le déchargement. Lorsqu'on remue le solide à l'aide de râbles, on emploie les fours à réverbère précédemment décrits, et nous avons dit qu'ils ne pouvaient convenir que pour des établissements provisoires.

Nous ne nous appesantirons pas sur les divers moyens mécaniques usités pour remuer le solide et nous nous bornerons à les énumérer et à les classer comme suit :

Fours à sole { qui tourne sous les dents d'un peigne immobile.
qui reste fixe sous les dents d'un peigne immobile.

Fours à cylindre { qui tourne.
qui reste fixe, mais dans lequel tourne un agitateur.

M. Tisson (*Technologiste*, t. XIX, p. 32) a proposé à l'Académie des cornues tournantes pour les fours à gaz. Les avantages qu'il trouve à ce système sont l'absence d'encrassement et la conservation plus longue des cornues ; en outre, la distillation plus uniforme de la houille. Nous verrons plus loin que, dans ce cas, on peut obtenir très-facilement un chargement et un déchargement continu et automatique.

Les fours à soles tournantes ou à peignes tournants sont employés en Angleterre pour le grillage ; nous verrons que le chargement et le déchargement peuvent facilement devenir automatiques et méthodiques dans ce cas en rendant la sole conique.

Les fours à cylindres tournants sont employés pour la torréfaction du café ; ceux où un agitateur tourne sont employés pour la torréfaction du bois qui sert à fabriquer la poudre. Nous verrons aussi que par de légères modifications on peut charger et décharger mécaniquement.

DEUXIÈME PARTIE.

§ 8.

FOURS MÉTHODIQUES TRÈS-INCLINÉS OU LE COMBUSTIBLE EST MÉLANGÉ A LA SUBSTANCE A TRAITER.

Ces fours, qui s'appellent cubilots, fours à cuve, fours coulants, hauts-fourneaux, etc., contiennent de vrais tas mobiles descendant par leur propre poids vers le point enflammé. Ainsi l'échauffement est méthodique, puisque les gaz chauds, qui montent, trouvent des solides de plus en plus froids. Cependant la propriété de l'acide carbonique de devenir oxyde de carbone devant un excès de charbon, fait que tous les fours à cuve doivent fournir des gaz combustibles.

Le chargement et le déchargement sont continus et automatiques. Afin de diminuer la hauteur à laquelle il faut élever mécaniquement les substances, on a incliné les fours de 45° à 60°. Généralement, cependant, on les laisse verticaux, parce que l'on ne gagne par cette inclinaison qu'une faible hauteur, et que les maçonneries ont beaucoup moins de stabilité.

Usages. Ces fours servent aux mêmes usages que les tas. On les emploie pour calciner, pour griller, pour réduire, pour produire des combustibles gazeux. La température pouvant devenir très-élevée dans ces fours lorsqu'on y injecte de l'air comprimé, ils servent à fondre les substances réfractaires. La présence du charbon réducteur, la grande production obtenue ont fait préférer ces fours à ceux à réverbère, dans le traitement des minerais de cuivre sulfo-arséniés.

On les a employés au grillage des poudres sulfureuses. Alors, pour aider au passage de l'air, on les a agrégées soit *par la chaleur* (exemple : le traitement du sulfure de plomb au four à cuve, à Corphalie), soit par de l'*argile* (exemple : la fabrication de l'acide sulfureux avec de la poudre pyriteuse, en Angleterre), soit par de l'*eau* et une *compression énergique*

(exemple : grillage des pyrites en Suède) (1). A Linz, on opère aussi le grillage dans des fours à cuve, cependant le tassement doit s'opposer au contact de l'air et rendre l'oxydation incomplète. Nous décrirons plus loin des fours automatiques qui nous paraissent plus convenables pour le grillage.

Nous n'avons ici à signaler que les diverses dispositions adoptées dans les fabrications spéciales, sans entrer dans des descriptions détaillées.

Les PAROIS des fours à cuve doivent être sensiblement verticales, afin que les lits de substances, gardant partout même étendue, n'occasionnent pas de vides le long des parois et soient complètement traversés par les gaz qui n'ont aucune fausse voie d'issue.

Le SUPPORT, qui doit, à partir du fond, porter toute la colonne des solides qui descendent, affecte surtout les trois formes suivantes :

1° Sous le nom d'*étalage* il offre la forme d'un cône renversé dont la large base part des parois, et dont la base étroite aboutit au lieu où se produit la combustion.

2° Quelquefois il affecte la forme d'un cône debout au milieu de la base du four; les substances supportées par ce cône doivent descendre vers le pourtour de la cuve et s'échapper par des ouvraux qui y sont logés.

3° Enfin il arrive, comme dans le grillage, qu'on emploie, pour support, une grille qui ne laisse passer que les menus morceaux et les cendres du combustible.

Les TROUS DE SORTIE partent du milieu de la base, ou de points symétriquement situés sur les parois, ils sont provisoirement bouchés par un placage, par un mur, ou par de gros morceaux de la substance traitée, suivant que la matière qui sort, est solide ou liquide.

Lorsque ces fours servent à *produire des combustibles gazeux*, ils sont fermés au haut par une *boîte à double fond*, ou bien il faut recueillir les gaz à quelques mètres en dessous de l'orifice

---

(1) Voir *das Eisenhuttenwesen in Schweden* de M. P. TURNER. Freiberg 1858. et le *Technologiste*, t. XIX, page 449.

supérieur que l'on a soin de maintenir plein de la subtance à traiter. Les hauts-fourneaux, étant des appareils qui produisent à la fois des masses coulantes et des combustibles gazeux, doivent être munis des appareils qui recueillent les gaz.

§ 9.

FOURS VERTICAUX OU LA FLAMME SEULE TOUCHE LA SUBSTANCE.

Les fours de cette classe offrent de l'analogie avec les fours à cuve décrits ci-dessus, et avec les fours à dôme décrits au § 5. Le volume de la cuve peut, pour une même grille, être beaucoup plus grand que celui du dôme, parce que dans ce dernier la substance doit, dans la position quelconque qu'elle occupe, s'échauffer à une température déterminée, tandis que dans les fours à cuve la substance s'avançant vers la flamme doit nécessairement atteindre une haute température. Un mètre carré de grille chauffera donc plus de 12 mètres cubes de cuve ; on pourra aller au-delà de 20^{m3} sans inconvénient.

Usages. On les emploie pour calciner le plâtre, la chaux ou d'autres subtances dont la blancheur ou la pureté seraient souillées par le contact des cendres du combustible.

Description. Dans ces fours, les flammes des foyers débouchent symétriquement sur le pourtour inférieur de la cuve. Entre ces bouches de chaleur sont logées les ouvertures pour retirer le solide calciné (1).

Péclet a proposé de loger, comme dans les fours à dôme, le foyer sous la cuve et d'introdure la flamme par des ouvertures ménagées dans la voûte qui forme le fond du four. Lorsque l'on calcine de gros matériaux, ils peuvent servir à former la voûte qui enveloppe le foyer.

Appréciation. Ces fours paraissent user plus de combustibles que ceux de la première catégorie, et il ne faudrait les employer qu'en cas d'absolue nécessité. Cependant ils ont l'avantage de

(1) Je renvois aux *Traités de Minéralurgie*, notamment au *Cours de chimie industrielle* de Payen, page 336, pour les plans des fours à cuve.

n'offrir aucun lit de carbone à l'acide carbonique qui monte, et par suite, d'éviter la production de l'oxyde de carbone. Leur gueulard ne doit donc pas être compliqué par la présence d'une boîte à double fond et de tuyaux pour puiser des gaz combustibles. Mais cet avantage est peut être compensé par la perte de la chaleur rayonnante autour du foyer, chaleur qui est entièrement utilisée quand le combustible est mêlé au solide. En outre leur construction est plus compliquée, les détériorations y sont plus fréquentes que pour les fours où la matière est stratifiée avec le combustible.

§ 10.

FOURS OU LA SUBSTANCE EST EN CORNUE VERTICALE.

Usages. Ces fours peuvent servir aux mêmes usages que les fours à cornues horizontales décrits au § 6, et plus particulièrement à la distillation du bois, de la tourbe, de la houille, de la calamine (V. la note, fin du § 6), à la fusion des métaux précieux, à la calcination des substances qui seraient altérées par la flamme, telles que le noir animal, les cartilages, le mélange producteur du prussiate de potasse, etc.

Malheureusement l'industrie n'a pensé aux grands avantages des fours à cornues verticales, que dans quelques cas spéciaux pour la plupart desquels des brevets existent encore. Nous avons indiqué ci-dessus toutes les applications nouvelles que l'on pourrait en faire.

Formes et dimensions. Nous avons vu par les dimensions comparées d'un grand nombre de fours non méthodiques, qu'il fallait 1^{m2} de grille, et par suite de 1/2 à 1 hectolitre de houille par heure pour échauffer au rouge :

10 à 12 mètres cubes de four traversé par la flamme,

et 6 à 7 » » » vases clos dont la largeur intérieure est de $0^m,2$ à $0^m,3$.

Nous pourrons admettre qu'1^{m2} de grille échauffe ces volumes de four et de cornues, quand on les charge et décharge en une seule fois. Mais, quand on charge méthodiquement par petites

portions et qu'on décharge de même, de manière à faire descendre lentement la colonne de substance pour rapprocher peu à peu celle-ci du foyer, alors, on peut chauffer, par 1^{m2}, de bien plus grands volumes, parce qu'on est certain que la substance atteindra toujours une température très-élevée au moment de quitter le four.

Ces dimensions relatives totales étant connues, discutons les dimensions spéciales de la largeur, de la hauteur, de la longueur, de l'épaisseur des cornues, de la largeur des carneaux de chauffe.

Ce que nous avons dit de la *forme* des cornues horizontales peut en partie s'appliquer aux cornues verticales; ainsi le cercle a sur le rectangle les avantages suivants : 1° il est plus résistant; 2° il offre une dilatation plus uniforme et moins exposée aux ruptures.

On reproche au cercle d'offrir un périmètre minimum pour une surface maximum, c'est-à-dire de présenter le moins de surface de chauffe. Mais cette objection nous paraît peu importante, parce que une même surface enveloppée d'un cercle, d'un carré ou d'un rectangle deux fois plus long que large, offre des périmètres qui sont entre eux comme 9 : 10 : 10,7.

Une objection plus grave à faire aux formes circulaires, c'est la place qu'elles font perdre par les intervalles qu'elles laissent entre elles, les formes rectangulaires, au contraire, sont enveloppées de toutes parts de carneaux gardant partout même largeur.

Lorsque la cornue est rectangulaire, sa *largeur* doit, comme celle des cornues horizontales, dépasser 10 centimètres, et être inférieure à 50 cent. On sait que les cornues de M. Jeanneney de Mulhouse ont 10 cent. de largeur; plus étroites, elles rendraient le chargement très difficile. Mais cette objection n'existe pas pour les cornues verticales qui se chargent d'elles-mêmes, et s'il ne faut pas descendre en-dessous de 10 cent., c'est pour permettre le nettoiement (1).

(1) On a vu que les cornues horizontales consomment deux fois plus de charbon quand elles ont $0^m,5$ au lieu de $0^m,35$ de largeur.

La *longueur* de la cornue pourra être 2 à 4 fois plus grande que la largeur.

Si la cornue est circulaire, elle pourra, comme les cornues horizontales à zinc, avoir 16 à 18 cent. de *diamètre*, la facilité du chargement permettra même de descendre en-dessous de ce chiffre.

La *hauteur* des cornues verticales, s'il s'agit de calciner ou de fondre, pourra aller jusqu'à 6 et même 10 mètres. Mais pour distiller, il ne faudra pas dépasser 2 à 4 mètres, afin que la pression exercée au fond, n'y empêche pas la distillation. Les fours Appolt pour distiller la houille ont 4^m de haut.

L'épaisseur devra augmenter avec le diamètre ou la longueur et avec la hauteur, elle pourra, comme dans les cornues horizontales, être de 3 à 6 cent. quand la cornue sera d'une seule pièce et en terre réfractaire. La cornue pourra être composée de plusieurs tronçons.

Pour diminuer l'épaisseur, tout en augmentant la solidité des parois, on pourra les soumettre, après leur confection, à l'action énergique d'une presse hydraulique. On sait que c'est par ce moyen que Brunel a obtenu des briques d'une dureté remarquable pour son tunnel sous la Tamise.

Nous renvoyons pour l'assemblage des tronçons de cornues au four Carville décrit ci-après; en ces points de jonction, l'épaisseur doit augmenter.

Les épaisseurs des parois sont de $0^m,16$ dans le four Appolt en briques; de $0^m,20$ dans le four de Chenot; de $0^m,18$ dans le four de Puttweiler; de $0^m,10$ dans le four Carville et dans le four Fouschard.

Voici les dimensions comparées des surfaces de grilles et des volumes qu'elles chauffent :

USAGE.	GRILLE.			CORNUE.				NOMBRE DE CORNUES.	VOLUME TOTAL	RAPPORT DU VOLUME A LA SURFACE DE GRILLE.
	largeur	longueur	surface.	largeur.	longueur	hauteur.	volume.			
Réduction des oxydes de fer par le procédé Chenot	0m,34	1m	4×0,34=2m²,16	0m,50	1m,50	9m	6m³,75	1	6m³,75	3,1
Révivification du noir animal dans le four Fouschard	0 ,12	0 ,5	4×0 ,06=0 ,24	0 ,10	0 ,50	6	0 ,30	5	1 ,50	6 ,25
Révivification dans le four de M. Crespel-Dellisse	0 ,33	2 ,5	0 ,87	0 ,22	0 ,22	1,5 à 3	0 ,057 à 0 ,114	20	1,14 à 2,28	2 à 4
Four Appolt pour distiller la houille. . .				0 ,37	1 ,16	4	1 ,64	12	19 ,68	
Four de Duttweiler id.				0 ,50	1 ,80	6	3 ,4	2		
Four de M. Carville id.				0 ,70	0 ,70	1 ,7		10		

On voit qu'un mètre carré de grille chauffe un volume beaucoup trop petit, même quand la substance se charge et se décharge toute en une fois; nous avons vu, en effet, qu'un mètre carré de grille chauffe jusqu'à sept mètres cubes de cornues horizontales.

Le four clos de Duttweiler (1) et celui de Chenot (2) sont longés par des cheminées carrées ou rectangulaires de 10 à 20 centimètres de côté.

---

(1) Voir la *Revue universelle* t. V. Voir anssi le t. XXV, p. 60, pl. XIII des *Brevets d'invention*.

(2) M. Chenot employa d'abord son four, non à fabriquer du fer, mais à produire du gaz d'éclairage, la cornue était alors en tôle. Voir la pl. L du t. XXVIII, p. 178 des *Brevets d'invention*.

Nous avons démontré dans une note § 6, la possibilité de distiller la calamine dans des cornues verticales, nous allons signaler les principaux avantages de ces cornues pour la fabrication du zinc et du gaz. 1° Le *matériel* souffrira moins, les cornues ne seront pas exposées à des froids brusques, elles ne s'infléchiront pas comme les cornues des fours liégeois Le minerai n'aidera pas à cette inflexion, l'échauffement uniforme sur tout le pourtour les détruira moins, et l'on sait que la dépense de cornues est très-onéreuse. 2° Le *chargement* est mécanique et continu, n'occasionne ni pertes de temps, ni pertes de force ou de main d'œuvre, ni pertes de chaleur, ni pertes de zinc ou de gaz. 3° Le déchargement est mécanique et offre tous les mêmes avantages; comme il sera vite fait, si on l'exécute toutes les 3 heures, une même brigade pourra desservir presque tous les fours. On ne devra d'ailleurs décharger chaque fois que la partie logée dans la boîte à double fond du bas. 4° Des véhicules se déchargeront mécaniquement des substances traitées. 5° L'échauffement pourra être méthodique, la substance froide trouvera des gaz peu chauds, puis, échauffée, elle arrivera à des parties rouges de feu. Toutes les cornues seront également chauffées. La boîte à double fond du bas qui sera en-dessous du foyer, échauffera l'air qui va y pénétrer avec la chaleur retenue par la substance traitée. 6° L'épuisement méthodique de la substance par une chaleur de plus en plus énergique doit augmenter le rendement.

Pour la calamine, la houille, les pyrites, etc., nous croyons qu'il est avantageux d'employer des cornues légèrement coniques qui, soutenant la matière qui distille, diminueront son tassement, forceront les parties du centre à venir vers les parois, offriront, aux vapeurs de plus en plus abon-

Pour perdre moins de chaleur il faut accoler beaucoup de cornues dans un même four, cela permet aussi, quand on fabrique du coke en brûlant les gaz qui distillent, de chauffer le charbon fraichement introduit, avec la flamme des gaz des fours voisins, alors en pleine distillation. Cependant quand, dans ce dernier cas, il faut réparer une cornue, toutes les autres doivent être mises hors feu. De plus, les cornues qui sont au pourtour sont moins chauffées que les autres, et quand l'on chauffe avec des grilles intercallées entre les cornues, il faut traiter dans les cornues extrêmes des matières qui exigent une chaleur moindre ou bien il faut les laisser deux fois plus longtemps exposés à la chaleur qui n'arrive que d'un seul côté.

Nous distinguerons maintenant deux manières de charger et de décharger les cornues. La première, que j'appellerai *automatique*, consiste à vider toute la cornue, puis à la remplir, l'échauffement dans ce cas n'est pas méthodique. La deuxième manière, que j'appellerai *méthodique*, permet cet échauffement en déplaçant peu à peu la substance et la rapprochant vers le fond, où la chaleur maxima existe; elle charge peu à la fois, mais souvent, et décharge de même. Pour la fabrication du coke avec les houilles grasses, et peut-être pour la fabrication du zinc, ce système serait à recommander. Le chargement *automatique* de toute la cornue sera préférable quand on voudra fabriquer du coke avec des houilles demi-grasses, ou quand on veut produire du gaz d'éclairage chargé de peu de goudron, en traitant des houilles grasses.

Nous allons donner quelques détails sur les fours à cornues verticales proposés jusqu'à ce jour, puis nous comparerons les moyens indiqués pour fermer le haut et le bas de ces cornues.

Les fours pour calciner la calamine, pour réduire les limo-

---

dantes vers le haut, une voie de plus en plus large, et, aux matières de plus en plus épuisées, un espace de plus en plus étroit. Il est facile de faire les plans d'un four à zinc d'après ces indications. Le four Montefiore pour le traitement des crasses de zinc, contient d'ailleurs de petites cornues verticales de 46 cent. de hauteur.

nites (CHENOT) (1), et le four incliné de DUTTWEILER ne contiennent qu'une seule cornue en maçonnerie, les *Traités de Chimie* et la *Revue Universelle*, t. V, donnent tous les détails nécessaires sur ces fours. D'ailleurs ils ne sont pas des plus économiques.

Le four à distiller la tourbe (fig. 1), de Crouy sur l'Ourcq, près de Meaux, contient une seule cornue *c*, chauffée extérieurement par la flamme des foyers F, F, qui circule dans un carneau spirique S, S. Pour conserver la chaleur dans ce carneau, il est entouré d'un espace annulaire *a*, rempli d'air stagnant. On introduit la tourbe dans la cornue *c*, par l'ouverture *o*, que l'on ferme ensuite par une plaque en fonte P, que l'on recouvre de cendres. Les gaz provenant de la distillation de la tourbe s'échappent par le tuyau T et se rendent dans un condensateur où s'arrêtent les produits liquides, puis les gaz non condensés sont ramenés sur les foyers F, F, qu'ils servent à alimenter en partie. Lorsque la carbonisation est achevée, on fait tomber la tourbe par l'ouverture *k*, en tirant le régistre *i*, dans un étouffoir placé en dessous (2).

Les gaz brûlés sortis de S, S viennent au-dessus du couvercle P, et s'échappent par une ouverture pratiquée dans le couvercle mobile en fonte M.

On peut fabriquer le charbon roux pour la poudre dans une cornue analogue.

Le four à cornues inclinées de M. Crespel-Dellisse se compose d'un massif de maçonnerie MM, dans l'axe duquel est disposé le foyer. Au-dessus de celui-ci est un dôme dans lequel s'en-

---

(1) M. TOURANGIN, pour le *traitement des fers spathiques* (pl. LII, t XXV des *Brevets*), emploie une cornue verticale analogue à celle de Chenot.

M. MARTIN a aussi pour la même opération une cornue semblable (voir les *Brevets*, t. XXIV, p. 111 et 127 et t. XXI, p. 85).

(2) Le four de M. ANDRÉ de Marseille pour la fabrication du gaz d'éclairage (*Brevet* de novembre 1833, t. XXXIII, p. 105, pl. XII) est semblable à celui décrit pour la distillation de la tourbe. C'est aussi le cas du four de MM. PANTON et SUBTIL pour distiller la tourbe (*Brevets d'invention*, t. XXVI, p. 115, pl. XXVIII).

castrent des tuyaux rectangulaire T_1 T′ (fig. 4) et T_1, T'_1 (fig. 5) se relevant verticalement par un coude à la partie supérieure. A leur partie inférieure un ajutage en forme de Z porte un registre *r*, qui permet de fermer et d'ouvrir à volonté chacun des tuyaux. Ces ajutages plongent leur bec dans des étouffoirs E E′.

Le four à cinq cornues verticales de M. Fouschard (fig. 6 et 7), offre, entre chaque cornue, un foyer dont la flamme rencontre à des intervalles de 80 centimètres des chicanes qui la forcent à changer de direction. Ces chicanes *c*, *c*, *c* sont mobiles, et chaque cheminée a une largeur qui permet le passage des ouvriers répareurs. Les cornues intercallées ont 6ᵐ de hauteur, 10 cent. de largeur et 1ᵐ de longueur, chacune d'elles est divisée par trois registres (fig. 6 et 7) en quatre capacités : la première, à la partie inférieure K L, a un mètre de haut, elle s'ouvre au bas sur deux tuyaux terminés par des couvercles mobiles; les autres compartiments ont 1ᵐ, 0ᵐ,90 et 3ᵐ de hauteur; de là résulte un vide au-dessus de la substance logée dans l'espace M L, haut de 1 mètre, lorsqu'on y déverse la substance du compartiment supérieur plus court de 10 centimètres. Devant ce vide est un trou *p*, *p* pour conduire au dehors les matières qui distillent. On vide successivement la matière de chaque compartiment dans le compartiment inférieur, puis on referme le registre. La matière s'avance ainsi méthodiquement vers des points de plus en plus chauds. Il faut 50 à 60 minutes pour que la substance logée entre L et M ait atteint la température rouge. On retire 90 litres de chacune des cornues et cela se renouvelle toutes les heures pour les trois cornues intercallées, et toutes les deux heures pour les cornues des extrémités (1).

Le four à 12 *cornues verticales d'Appolt* (2) (fig. 2 et 3) offre des cornues plus larges et plus longues que les cornues Fouschard, parce qu'elles traitent des morceaux de houille plus ou moins volumineux, tandis que le four Fouschard ne reçoit que

(1) MM. Lionnet et de Dave de Paris ont pris un brevet le 18 décembre 1847 pour un four à révivifier, analogue à celui de M. Fouschard. Je renvois à la pl. XVII et à la p. 122 du t. XIII des *Brevets d'invention*.

(2) Voir les *Brevets d'invention*, t. XXXIII, p. 321 et 328, pl. L et LI.

des grains de noir animal. Les gaz qui distillent des cornues sortent par les orifices *b, b, b*, et entrent dans les parois creuses, où ils sont brûlés par de l'air entré par *a, a, a*; la flamme circule autour des cornues, puis sort par les cheminées *c, c, c*. Je comparerai plus loin les systèmes de fermeture du haut et du bas des cornues, avec les systèmes adoptés dans les autres appareils.

Four à cornues verticales de M. Carville, d'Alais (Gard) (1). (Voir les figures 13 à 28). — M. Carville, longtemps avant MM. Appolt, avait trouvé tous les avantages qui doivent résulter des cornues verticales pour la fabrication du coke, et celle du gaz d'éclairage; seulement il reconnut qu'il fallait faire les parois des cornues, non en briques, mais en plaques d'une seule pièce.

« Les briques, dit M. Carville, présentent de graves incon-
» vénients, elles se dérangent par suite du défaut de fixité des
» des joints, et des brusques alternatives de chaud et de froid;
» le coke adhère aux parois, et la force qu'il faut employer pour
» le retirer au moment de la décharge contribue encore à
» ébranler et à détériorer la construction intérieure des fours. »

On sait, qu'en effet, c'est là le grand défaut des fours Appolt dans la pratique. Le succès obtenu par M. Carville dans le choix et la préparation des terres (2) l'a conduit à construire des fours à coke composés de deux pièces seulement, lesquelles ont chacune $2^m,50$ de long environ, et forment par leur réunion une longue cornue. Les parties sont comme soudées ensemble au moyen de joints languetis, et forment un tout parfait, solide, et hermétiquement fermé. Les cylindres sont un peu plus larges du côté de la sortie du coke, afin de faciliter le défournement. Cependant la pratique a appris à M. Carville qu'il valait mieux faire les cornues de 3 ou 4 tronçons, ce qui permet de remplacer les parties endommagées par l'action du feu, et en

(1) Voir les *Brevets d'invention*, t. 25, page 205, planche XLIV. Certificat d'addition du 24 janvier 1850.

(2) Cette préparation détaillée dans le brevet sort du cadre de ce mémoire. Les dispositions décrites, dit M. Calais, sont mises en pratique avec un plein succès à l'usine d'Alais (Gard).

réunissant plus ou moins de ces tronçons, d'avoir des cornues de toute longueur, sans devoir les commander d'avance.

Les cornues verticales réunies en nombre plus ou moins grand dans un même four, se touchent par chaque bout et par deux côtés; pour empêcher les ébranlements, elles sont fixées et tenues l'une à l'autre par des étoquiaux.

Au bas de chaque cornue est placé un registre en tôle, fonctionnant horizontalement (1) entre deux coulisses, pour fermer et ouvrir le dessous du cylindre. Une plaque en terre réfractaire est fixée au registre. Un trou est pratiqué au milieu de la plaque et du registre, afin de donner au besoin de l'air aux cornues.

Le dessus est fermé par un couvercle ou une plaque en terre réfractaire qui, par son poids, suffit à cette destination, et qu'on peut ôter à volonté pour charger le cylindre. On peut aussi employer une tête en fonte *b*, boulonnée sur un couvercle ou tampon *v*, en fer, tôle ou fonte, lequel est garni de terre réfractaire. Les fours n'ayant pas le temps de se refroidir, la cuisson s'y opère en quatre heures.

L'économie de main-d'œuvre à Alais a été d'environ 50 p. 100. A l'extrémité de chaque cylindre, une ouverture est ménagée pour envoyer, au moyen d'un tuyau, les gaz au récipient destiné à les recevoir.

La flamme, sortant du foyer, passe entre deux rangées de cylindres, en chauffe les parois, et, arrivée au bout, elle se sépare à droite et à gauche, parcourt les intervalles latéraux à l'extrémité desquels se trouvent deux issues. L'échauffement n'est donc pas méthodique comme dans le four Fouschard. M. Carville a imaginé depuis (*certificat d'addition du* 19 *avril* 1850) de faire circuler la flamme d'abord au bas, puis au haut des appareils; entre les deux courants existent des cordons saillant autour des cornues. Ceux-ci, tout en renforçant les cornues, supportent des toquets et des plaques de séparation. Mais cette disposition n'est réellement avantageuse qu'au point de vue de

(1) Depuis, dans un certificat d'addition en date du 19 avril 1850, l'obturateur du bas a été une porte en fer avec charnière, garnie de terre réfractaire, manœuvrée par des leviers *a*, et glissant le long des coulisses *g*.

la solidité, car l'ascension de la flamme ne produit un échauffement méthodique que si les cornues se déchargent d'une manière continue et partielle (1).

Les appareils peuvent se composer aussi d'une ou de plusieurs sections carrées (fig. 13 et 14), ou cylindriques ; ils peuvent être percés de trous égaux ou inégaux, à intervalles, si l'on ne tient pas au vase clos. Des butoirs *q. q.* réunissent et consolident alors les tronçons.

Voici quelques explications pour la complète intelligence des figures.

b, tête en fonte des cornues dans la partie correspondante aux tuyaux de dégagement *d* et de conduite de gaz.

f, fours ou cornues.

h, plaque qui soutient le dessous des fours ou cornues.

kl, cadre en fer qui prend toutes les parties inférieures et les côtés de la batterie.

l, colonnes qui supportent la construction de la batterie.

m, grille et foyer.

o, autel qui sépare le foyer des cornues ou fours.

p, bouchon fermant les tuyaux de conduite des gaz, et s'enlevant pour le besoin du nettoyage.

s, carneaux régnant autour des cornues, au milieu et par les côtés.

e, regards destinés à la surveillance de l'intérieur de la batterie, au ramonage, etc.

Le four à quatre cornues verticales de M. Lebret, à Anzin, présente des dispositions spéciales qui permettent de réparer l'une des cornues sans mettre hors feu les autres. Il se rapproche du four *Carville.*

Le four à une cornue verticale de M. Karmrodt, directeur du laboratoire d'essais pour les provinces rhénanes (2) (fig. 8), a

(1) L'on pourrait obtenir ce déchargement continu par une sorte de vaste robinet à godet, analogue à celui que Gay-Lussac a employé dans son appareil pour mesurer la tension des vapeurs dans l'air.

(2) Voir le *Dingler's Polytechnisches Journal*, t. CXLVI ; le *Bull. Soc. Encourag.*, t. LVII, page 778, et le *Verhandlungen des Vereins zur Beforderung des Gewerbfleis, in Prussen.*

été employé pour la fabrication du prussiate de potasse. Le vase Az, chauffé par les gaz brûlés qui s'échappent, dégage l'azote du carbonate ammonique qu'il contient. Le four coulant C^2,K plein de potasse et de charbon est traversé par l'azote qui sort en *e* avec l'oxyde de carbone produit; il est chauffé au pourtour par le foyer F. A une distance (3 décimètres) en-dessous du foyer, suffisante pour que la matière logée dans la cornue refroidisse avant de sortir, est une plaque G glissée dans les rainures d'un chassis rectangulaire. On dit beaucoup de bien de l'emploi de ce four.

Modes de fermeture des cornues verticales (1).

Ce qu'il y a de plus important à étudier dans ces cornues verticales, ce sont les modes de fermeture du haut et du bas.

Au haut les cornues sont généralement fermées par une boîte à double fond. Cependant, quand il ne faut pas recueillir les produits qui distillent, ou quand le chargement, au lieu de s'effectuer sans cesse par petites portions, s'effectue tout d'une fois comme dans les cornues Appolt, la boîte à double fond peut être remplacée *par un simple couvercle reposant* dans une rainure. Dans le four Chenot et dans le four à gaz de Tscheitsch représenté fig. 12, la rainure, est remplie de sable, ce qui permet au couvercle de s'y adapter hermétiquement.

La fermeture par une boîte à double fond n'est nécessaire que quand on charge par petites portions, pour avoir un déplacement méthodique et économique; elle est d'ailleurs à préférer quand on veut ne rien perdre d'une substance volatile. Le couvercle supérieur de la boîte à double fond peut s'ajuster dans une rainure pleine de sable (fig. 12), ou s'adapter à l'aide d'une pression (fig. 9 et 10). Le couvercle inférieur peut, comme dans la boîte de Beaufumé, fig. 10, se composer d'une valve qui en

(1) Dans la *Revue universelle*, décembre 1861, p. 503, se trouve décrit un système de four à cornue verticale pour la fabrication du gaz. La fig. 5, pl. 50, montre que la cornue est entourée d'une grille et qu'elle est fermée à la partie inférieure par un disque qu'on peut élever ou abaisser par des leviers articulés.

tournant se loge sous la boîte, alors le mouvement lui est transmis par une tige portée dans un tube. D'autres fois, comme dans l'appareil de TSCHEITSH (fig. 12), et dans les hauts-fourneaux (1), cette valve inférieure est conique et, en s'élevant, elle bouche la boîte, en s'abaissant, elle l'ouvre et laisse sortir le solide qui y a été enfermé. On soulève le cône à l'aide d'une tige qui glisse dans le couvercle supérieur. Il y a avantage à avoir des boîtes hautes de 50 centimètres, parce que la substance que l'on y loge se dessèche et s'échauffe en attendant qu'on la fasse tomber en ouvrant la valve inférieure. Dans le four APPOLT (fig. 9), les couvercles en fonte sont garnis, en dessous, de briques réfractaires, et munis, au milieu, d'un tuyau en fonte qui permet de recueillir, si l'on veut, une partie des gaz de la houille.

La fermeture de la partie inférieure des cornues devra, suivant qu'on déchargera par petites portions, ou tout d'une fois, se composer d'un seul ou de deux obturateurs formant boîte à double fond. Dans tous les cas, ces obturateurs devront être très-solides, et s'il n'y en a qu'un seul, et que l'on charge et décharge en une seule fois, il faudra commencer par charger une couche de $0^m.33$ d'escarbiles qui garantira d'une chaleur trop forte l'obturateur inférieur.

Lorsqu'il y a une boîte à double fond, il est préférable de la rendre mobile, comme l'a imaginé CHENOT. Cette boîte est alors le waggon qui sert à étouffer et à emporter la substance calcinée. L'obturateur supérieur de cette boîte à double fond est seul fixé à la cornue verticale, il peut se composer ou *d'un registre qu'on avance* (voir fig. 1, 4, 7, 8), ou *d'une grille dont on fait avancer tous les barreaux* les uns après les autres (fig. 33) et alors toute la colonne de matières étant soutenue dans la cornue, on ôte l'obturateur *t'*, et on le remplace par le fond du chariot que soulève jusque contre la grille (V. fig. 32) une vis *v* dont la rotation fait monter l'écrou *c*, et le plateau *p*.

(1) La hauteur toute spéciale des hauts-fourneaux permet de puiser les gaz à une certaine profondeur et de ne pas fermer le gueulard. Nous renvoyons à la *Revue universelle*, t. X, p. 224, pour les moyens adoptés, notamment pour le système FLETCHER.

Alors, enlevant les barreaux et faisant descendre le fond du chariot par la vis, la colonne de matières descend lentement. Quand le fond du chariot est descendu au bas de la caisse de celui-ci, on remet les barres qui forment la grille, on enlève le chariot et on le remplace par l'obturateur.

A mesure que ces descentes partielles ont lieu, on charge par le haut des substances nouvelles.

L'obturateur du four Appolt ne permet pas, comme celui du four Chenot, une descente partielle et méthodique des matières. Les figures 29 et 30 montrent qu'il se compose d'une porte à charnière maintenue par une barre de fer qui pivote autour d'un boulon au centre de la porte; la barre glisse sur deux nervures *l* de $0^m,02$ d'épaisseur, saillantes sur l'arête inférieure des petits côtés de la porte, et s'engage par ses deux extrémités dans des espèces de poignées de $0^m,03$ d'épaisseur, adhérentes aux cadres en fonte sur lesquels reposent les murs des cornues. C'est aussi à ce cadre qu'est fixée, à l'aide de deux gonds, la charnière de la porte. La porte a $0^m,017$ d'épaisseur, elle est consolidée par trois fortes bandes de fer qui s'enroulent autour de la charnière. L'extrémité de la charnière, du côté de la grande face du four, est terminée par une tête carrée et une pointe qui peuvent s'emboîter dans une clef en fer qui sert de levier pour ouvrir ou maintenir la porte fermée.

Ayant comparé tous les systèmes de fours à parois verticales; ayant montré les avantages qui résulteraient de cornues formées de quatre ou cinq tronçons moulés d'une pièce, consolidés par le système Brunel de la presse hydraulique; ayant dit les moyens si ingénieux employés par Chenot pour obtenir un déchargement partiel et méthodique, il nous reste, pour finir, à résumer les nombreux avantages qui résultent de l'emploi de ces fours à cornues verticales. Afin de donner plus d'autorité à ces assertions, nous extrayerons des *Annales des Mines* les conclusions de M. Vériot sur le four Appolt :

1° Il donne, sans préjudice pour la qualité, le maximum théorique de rendement en coke.

2° Sa construction ne coûte que dix à douze mille francs pour douze compartiments, elle n'est donc pas plus coûteuse que celle des autres fours.

3° En occupant moins de place que tous les autres fours, il carbonise en 24 heures une masse de 15,000 kil. de houille.

4° Il se charge et se vide *avec la plus grande facilité*, *sans aucun inconvénient pour les ouvriers*, et offre une grande économie de main-d'œuvre.

5° Il divise la masse à chauffer en petites portions et crée une surface de chauffe de plus de 190 mètres carrés. L'échauffement est uniforme, La perte de chaleur au pourtour est réduite par là à un minimum, encore diminué par la position des cheminées et l'épaisseur des parois.

6° La charge ne pèse guère sur les parois du four, et l'absence de voûtes exposées au feu vient encore ajouter à cette solidité.

7° Le coke du bas est rendu très-compact par la pression qu'exerce la colonne de substances.

« Aussi, dit M. Vériot, nous pensons que cette invention de MM. Appolt fait faire le dernier pas à l'industrie, aujourd'hui si importante, de la fabrication du coke. »

Tels sont les avantages d'un des fours à cornues verticales, et notons qu'il peut encore se perfectionner 1° en recevant des cornues comprimées d'une seule pièce en terre réfractaire ou de plusieurs tronçons disposés comme dans le four Carville; 2° en se déchargeant partiellement et méthodiquement (1) d'après les procédés de Chenot ou de M. Fouschard.

---

(1) Nous avons déjà dit, et nous répéterons dans les conclusions du mémoire, qu'il est des fabrications où une descente progressive et méthodique des matières vers le point le plus chaud, serait très-défavorable.

(La fin à la prochaine livraison.)

THÉORIE DE LA TREMPE,

PAR

C. E. JULLIEN,

INGÉNIEUR.

(*Suite.* — Voir la livraison de mars et avril.)

II. — DE LA TREMPE DES VERRES ET, EN GÉNÉRAL, DES SILICATES NATURELS OU ARTIFICIELS.

« Il est difficile d'admettre que les diverses sortes de verre » soient des combinaisons définies. On doit les considérer » comme des *dissolutions solidifiées*, dont les principes consti- » tuants, à l'état liquide, peuvent varier de plusieurs ma- » nières....... (BERZÉLIUS, tome III, page 153.)

» Lorsqu'on envisage la multiplicité des proto-silicates, bisi- » licates et trisilicates, nettement cristallisés (naturels ou arti- » ficiels), il serait, ce me semble, peu rationnel de limiter les » véritables composés chimiques de la silice à la seule formule » SiO^3BO, et de considérer tous les autres silicates comme » une simple dissolution d'un excès de silice ou de base dans » ce silicate neutre. Mais, cette réserve faite, les autres re- » marques de M. Jullien, sur la nature et les propriétés des

» silicates, subsistent en leur entier et me paraissent devoir » soulever peu d'objections. » (L. GRÜNER, *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, tome I[er], page 604.)

Étant admis que le protosilicate a pour composition SiO^3BO, si nous prenons seulement pour base la *chaux* et la *soude* qui sont, en effet, les bases fondamentales des verres à vitres et à bouteilles, nous avons pour équivalents chimiques des composants :

	Métal.	Oxygène.	Total.
Silice . . .	277,778	300	577,778
Chaux . . .	251,651	100	351,651
Soude . . .	289,729	100	389,729

soit pour 100 parties de sel :

	Acide.	Base.
Protosilicate de chaux . . .	62,00	38,00
Protosilicate de soude . . .	59,80	40,20

et, pour un mélange, en proportions convenables, des deux sels :

Protosilicate	silice . . .	60,00			100
	base . . .	40,00			
Bisilicate .	silice . . .	120	ou	75	100
	base . . .	40	»	25	
Trisilicate .	silice . . .	180	»	82	100
	base . . .	40	»	18	

Si on admet, avec M. GRÜNER, que la cristallisation apparente, chez les silicates, est un indice incontestable de combinaison, on admettra, nous l'espérons, avec nous, que les silicates, qui n'accusent pas de cristaux, mais accusent des proportions de composants autres que celles données ci-dessus, sont des dissolutions, dans une combinaison, d'un excès d'acide ou de base.

Tout le monde connaît les laitiers de hauts-fourneaux, fours à réchauffer et fours à puddler le fer. Or, quand on recuit entre quatre murs, à la façon du plâtre, ces laitiers qui sont totalement dépourvus d'arêtes cristallines, ils se séparent en deux

parties dont l'une, infusible, est un excellent agent de décarburation, et dont l'autre, fusible, dépose, en certains points de la sole de l'appareil, une quantité considérable de cristaux, vert olive, octaédriques, qui ne sont autre chose que le protosilicate de fer mentionné par M. DUMAS dans son traité de chimie appliquée aux arts.

Ne pourrait-on arriver au même résultat en recuisant les verres à base de soude ou de chaux? Jusqu'ici, quand on a recuit du verre, on l'a converti en une poterie d'autant plus friable que le recuit a été poussé plus loin; ce fait, que nous expliquerons tout à l'heure comme conséquence de la trempe, pourrait paraître en contradiction avec celui que nous venons de signaler concernant les silicates de fer. Afin de lever tous les doutes à cet égard, nous croyons devoir observer que les cristaux de silicate neutre de fer, mentionnés plus haut, ne se rencontrent que là où la sole est naturellement fraîche ou rafraîchie par un courant d'air venant du dehors.

Mais, s'il n'est pas possible de séparer, par le recuit, le silicate neutre de soude ou de chaux du composant dissout, il est un moyen facile de rendre apparents les cristaux du silicate neutre; ce moyen consiste à tremper dans l'eau fraîche soit le verre liquide, soit le verre ramolli par la température. Dans le premier cas, on obtient les larmes bataviques; dans le second, on obtient les verres craquelés de *Bohême*.

Quand on passe en revue les diverses analyses de verre faites par les chimistes, on remarque que, quand la base est presque exclusivement composée de soude et de chaux, le *verre à vitres* contient toujours plus de 60 % de silice, tandis que le *verre à bouteilles* en contient, au contraire, moins de 60 %. La dose de silice, dans le premier, s'élève jusqu'à 72 % tandis que, dans le second, elle s'abaisse jusqu'à 45 %, ce qui donne, pour cent parties de composé :

	Silicate neutre.	Composant dissout.
Verre à vitres	70	30
Verre à bouteilles	75	25

C'est de ce résultat que nous avons cru pouvoir conclure que :

1° Le verre à vitres est une dissolution, dans le silicate neutre, d'un excès d'acide.

2° Le verre à bouteilles est une dissolution, dans le silicate neutre, d'un excès de base.

Laissant intacte la question des bisilicates et trisilicates, nous allons démontrer que les phénomènes auxquels donne lieu la trempe du verre sont de la même nature que ceux auxquels donne lieu la trempe des composés que forment entre eux le fer et le carbone.

En effet, le verre est, comme le carbone, un corps doué d'un pouvoir rayonnant très-considérable; comme lui, par conséquent, il cristallise, en se solidifiant, par exaltation du pouvoir émissif et de la surface au centre. Mais quel est le composant du verre qui fonctionne dans ce cas? Est-ce le composant dissout, *silice* ou *base*, ou, simplement, le dissolvant, silicate neutre? Ce qui semble indiquer que c'est le dissolvant, c'est que :

1° Si, chimiquement, il y a une grande différence, dans les proportions des composants, entre le verre à vitres et le verre à bouteilles, physiquement, il y a identité parfaite entre ces deux composés.

2° Quelle que soit la proportion du composant dissout dans le silicate neutre, le caractère général est toujours le même.

3° Plus la proportion de composant dissout est faible, c'est-à-dire plus la composition se rapproche de : 60 silice pour 40 de base, plus le composé est fragile et acquiert la propriété du silicate neutre de cristalliser d'une manière apparente sous l'influence du refroidissement brusque.

Il en résulte que, comme les fontes et aciers, on peut diviser les verres en deux catégories, savoir :

1° Les *verres-aciers*, dans lesquels la proportion de composant, dissout par le silicate neutre liquide, est intégralement soluble dans le silicate neutre solide.

2° Les *verres-fontes*, dans lesquels la proportion de composant, dissout par le silicate neutre, n'est que partiellement soluble dans le silicate neutre.

Le *verre-acier*, pris liquide et *trempé vif*, donne un verre transparent, limpide et fragile; trempé doux, au contraire, il donne une poterie translucide analogue à la porcelaine dure.

Dans le premier cas, il est l'analogue de l'*acier trempé*, c'est-à-dire une dissolution dans le silicate neutre *cristallisé*, d'un excès de silice ou de base amorphe. (Ici c'est le dissolvant qui cristallise, tandis que dans l'acier trempé, c'est de composant dissout.)

Dans le second cas, il est l'analogue de l'*acier doux*, c'est-à-dire une dissolution, dans le silicate neutre *amorphe*, d'un excès de silice ou de base également amorphe.

Le *verre-fonte*, pris liquide et trempé vif, donne un verre transparent, limpide et fragile; trempé doux, au contraire, il donne une poterie opaque analogue à la terre de pipe.

Dans le premier cas, il est l'analogue de la *fonte blanche*, c'est-à-dire une dissolution dans le *silicate neutre cristallisé*, de la totalité de l'excès du composant dissout *amorphe*.

Dans le second cas, il est l'analogue de la *fonte grise*, c'est-à-dire un mélange de *silice* ou *base* et de *verre acier trempé doux*.

Ces quatre composés, auxquels donne lieu une seule et même substance, en variant les proportions des composants et le mode de solidification, se rencontrent dans la nature sous les noms de *roches*, *laves* et *granits*. Nous avons le regret de le dire, mais les minéralogistes ont perdu un temps précieux, non en analysant les roches, mais en cherchant à leur formuler des compositions atomiques. Les roches sont, dans les 9/10 des cas, non pas des silicates définis mais des dissolutions, dans un silicate, de l'un de ses composants. Il résulte de là que, quand les silicates naturels liquides se solidifient, ils donnent tantôt du verre transparent, tantôt du verre translucide, tantôt du verre opaque, tantôt de la poterie plus ou moins jaspée suivant la nature des composants. Ainsi, les *laves* et *granits* de même composition chimique, ne diffèrent physiquement entre eux que parce qu'ils ont été solidifiés dans des conditions différentes de refroidissement.

La lave est du *verre-fonte blanche*.

Le *granit* est du *verre-fonte grise*.

Voilà pourquoi la texture du granit a tant d'analogie avec celle de la fonte grise. On peut même ajouter que dans la plupart des cas, le composant dissout est susceptible de cristalliser sous l'influence du refroidissement lent, car la cassure du granit est généralement à facettes. Or, comme le silicate neutre y est à l'état amorphe, ces facettes ne peuvent être la conséquence que de la cristallisation de l'excès de composant non dissout, tandis que, dans la fonte grise, elles sont la conséquence de la cristallisation du dissolvant.

Remarque. Nous avons dit que, en recuisant des scories de forges, une partie du composé se liquéfie, coule et donne, sous l'influence d'un refroidissement convenable, des cristaux octaédriques. En outre, comme M. Grüner le rappelle dans sa note citée au commencement de cet article, on rencontre, dans la nature, des silicates, à diverses proportions exactes de silice, nettement cristallisés.

Or, les verres, les laitiers et une infinité de silicates naturels, pris liquides et coulés sur des surfaces planes, quelque énergique que soit sa trempe, loin d'accuser la cristallisation par des angles vifs, ne l'accusent que par la cassure vitreuse. Il en est de même de l'acier trempé chez lequel on ne reconnaît la cristallisation du carbone qu'à la dureté du métal.

Tout au contraire, les fontes blanches, très-saturées de carbone, accusent une texture cristalline très-prononcée; il en est même qui, au lieu de présenter la texture lamelleuse si répandue dans les fontes fines, non seulement affectent une texture cristalline polyédrique, mais encore se détachent, superficiellement, en cristaux nettement définis. Nous avons eu des échantillons d'une fonte américaine de ce genre, très-pure, provenant de hauts-fourneaux à l'anthracite.

Ne peut-on conclure de ces faits que la cristallisation est d'autant plus nette et définie que le composant amorphe est en moindre proportion, et qu'il faut bien se garder de nier la cristallisation par la seule raison qu'elle ne se détache pas. En effet, quoi de plus arrondi dans les angles que les filets du laitier qui s'échappent des hauts-fourneaux; il en est pourtant qui sont transparents, limpides et fragiles comme du verre à

vitres. Alors nous arrivons à justifier, par une cause, cet énoncé de M. Grüner, à savoir que : Les silicates nettement cristallisés doivent être des combinaisons à proportions définies des composants. En effet, si ces silicates n'étaient que de simples dissolutions, dans le proto, bi ou trisilicate, de l'un des composants, les angles seraient arrondis et non vifs. La conclusion de ceci est donc que, dans beaucoup de cas, la cristallisation nettement accusée peut être un indice certain de combinaison pure.

Cela ne veut pas dire, bien entendu, que la fonte blanche à cristaux bien accusés est une combinaison, puisque ces cristaux appartiennent au carbone pur; cela veut dire seulement que là où la combinaison est possible, on reconnaît, à la formation des cristaux, qu'elle a eu lieu.

III. — DE LA TREMPE DU BRONZE.

Le *bronze* est un alliage de, environ :

90 cuivre,
10 étain.

Quand on veut séparer les deux métaux, il suffit de maintenir longtemps le composé solide à une température de très-peu inférieure à celle de la liquéfaction. L'étain filtre au travers du cuivre et s'échappe en gouttelettes liquides qui se réunissent au fond du creuset.

Cette propriété de l'alliage est utilisée, dans les arsenaux, pour purifier le cuivre des vieux canons. Nous en devons la connaissance à M. Lassalle, ingénieur.

Or, bien avant que nous la connussions, nous disions ce que nous allons répéter ici :

Quand le bronze est chauffé au rouge, bien qu'il conserve l'état solide, l'un de ses composants, l'*étain*, se comporte comme le *carbone* en dissolution dans le fer solide; il se liquéfie. Il en résulte que, quand on le soumet à la trempe, ce métal se comporte comme les métaux or, argent et cuivre pris liquide etsoumis au refroidissement, savoir :

Si la trempe est douce, c'est-à-dire si le refroidissement est lent, l'étain cristallise et communique au composé sa structure cristalline.

Si la trempe est vive, c'est-à-dire si le refroidissement est énergique, l'étain passe à l'état amorphe et, comme le cuivre est lui-même amorphe, si on casse le composé froid, la texture est fibreuse.

Il est si vrai que l'étain est le principal agent des deux propriétés du bronze trempé doux et trempé vif, que, dans la trempe douce, la texture du bronze est cristalline et de couleur *jaune-brun claire*, tandis que, dans la trempe énergique, la texture du bronze est fibreuse et de couleur *rouge-brun foncée.*

Mais, dira-t-on, pourquoi le cuivre ne participerait-il pas aux propriétés du bronze dans les deux cas? Le cuivre communique au bronze, soit *dur*, soit *mou*, sa ténacité. Il n'est pour rien dans la cristallisation, parce que le refroidissement dans les moules en sable n'est pas suffisamment lent.

Aussi peut-on immédiatement retirer de cette observation une indication utile :

Tout le monde sait, les ingénieurs du gouvernement chargés de la fonderie des canons surtout, que, sans qu'il soit possible de s'en rendre compte, de deux canons affectant la même composition, l'un tire cent ou deux cent coups, peu importe le chiffre, sans subir la moindre altération, tandis que l'autre éclate à la première épreuve.

Cela tient, selon nous, à ce que, précisément, dans le second canon, le cuivre a participé aux propriétés cristallines du composé, c'est-à-dire a été maintenu chaud suffisamment longtemps pour cristalliser. La conséquence de cette observation est que :

Quand on coule du bronze en canons, il faut, non seulement, que le cuivre soit parfaitement pur, c'est-à-dire ne contienne pas de substances susceptibles de favoriser sa cristallisation au moment de la solidification, mais il faut que le désablage de la pièce se fasse aussitôt que le métal est figé. Il doit être très-mauvais de laisser refroidir le bronze dans les moules, surtout quand ces derniers sont épais.

Le bronze des coussinets et des canons doit être l'analogue

de l'*acier trempé* et *recuit*, c'est-à-dire un composé dans lequel le *cuivre* apporte la ténacité et l'*étain* la dureté sans fragilité. En désablant sitôt après la coulée, on n'empêche pas la cristallisation de l'étain, mais on empêche la formation des gros cristaux d'alliage, de même que, en recuisant l'acier trempé, on rompt la cristallisation du carbone sans la détruire complètement.

TROISIÈME PARTIE.

Côté philosophique de la théorie qui précède

Il y a, cette année, quatre-vingt-deux ans que GUYTON MORVAUX a imaginé la nomenclature chimique adoptée, d'abord par LAVOISIER et son école, puis ensuite par tout le monde.

A partir de ce moment, une lourde tâche incomba aux chimistes, par cette raison que la nomenclature ne reconnaissait, comme composés sérieux, que les combinaisons; les chimistes eurent alors pour mission de définir et classer tous les corps. Inutile de dire qu'ils se sont acquittés de leur devoir avec tout le zèle et l'énergie que comporte l'amour de la science. Le succès a-t-il couronné leurs efforts? C'est ce que nous allons examiner.

Supposons un instant que notre théorie de la *trempe* est exacte. Cette théorie reposant toute entière, non sur les propriétés *chimiques*, mais sur les propriétés physiques des corps, il en résulte que la définition et la classification des composés n'appartient pas exclusivement à la chimie et que tous les efforts faits depuis quatre-vingt-deux ans, pour assujettir aux exigences de la combinaison des composés qui n'en sont pas, ont été dépensés en pure perte.

La question, comme on le voit, est excessivement sérieuse, car il ne s'agit pas tant aujourd'hui de savoir si nous avons raison que d'empêcher des intelligences d'élite de s'épuiser dans des recherches inutiles, quand la lumière est faite. Il est

incontestable, en effet, que, si la *dissolution solide* n'est pas un mythe, les corps se divisent immédiatement en deux grandes catégories, savoir :

Les *combinaisons* dont la définition et le classement sont du domaine de la *chimie ;*

Les *dissolutions*, dont la définition et le classement sont du domaine de la *physique*.

Or à qui incombe le devoir de prouver que la dissolution solide n'est pas un mythe, si ce n'est à celui qui en est convaincu et l'affirme? Cette troisième partie devrait donc être exclusivement consacrée à la démonstration de ce théorème : *Là où, après quatre-vingt-deux ans de recherches vaines, la chimie s'obstine à ne pas désarmer, la physique doit intervenir.*

Malheureusement, un travail de ce genre ne s'improvise pas en quelques jours; nous le ferons, s'il nous est donné de vivre assez longtemps pour cela. Quant à présent, nous nous contenterons d'aborder quatre questions dont l'importance sera, nous l'espérons, appréciée du lecteur.

I. — DE L'INTERVENTION DE L'AZOTE DANS LA CÉMENTATION.

FAITS.

1° Une forte chaleur (PELOUSE, *Cours de chimie générale*, 1833) décompose *l'ammoniaque*; si le tube de porcelaine, dans lequel on fait circuler ce gaz est émaillé, il n'y a pas décomposition; si alors on introduit dans le tube des fragments de porcelaine concassée, la décomposition recommence.

2° Quand on fait passer (CAHOURS, § 127) un courant de gaz ammoniac sur du charbon chauffé au rouge, il y a formation de cyanhydrate d'ammoniaque (cyanure d'ammonium) et hydrogène mis en liberté :



$$2AzH^3 + 2C = (AzC^2H, AzH^3) + 2H.$$

3° Quand on fait passer (BERZÉLIUS, tome II, page 96) le gaz ammoniac à travers un tube rouge, si le diamètre de ce dernier est grand, une forte proportion du gaz le traverse sans être décomposée; mais si on introduit dans le tube du fil de *fer*, *de cuivre*, *d'argent*, *d'or* ou de platine (THÉNARD), le gaz se décom-

pose plus facilement et plus complètement que quand le tube est vide. Tous les métaux n'agissent pas de même; le fer agit instantanément; le platine, au contraire, même à une température fort élevée, laisse passer une grande partie du gaz non décomposé.

4° Quand le métal placé dans le tube de porcelaine (DESPRETZ, FRÉMY), pour favoriser la décomposition du gaz ammoniac, est du *fer*, ce dernier absorbe de l'azote en proportion variable et pouvant s'élever jusqu'à 11. 5 p. % de son propre poids. Il devient alors blanc et cassant..

5° Quand on fait passer un courant de cyanogène (CAHOURS, § 370) sur du fer chauffé au rouge, ce gaz est décomposé; le fer se recouvre de charbon et devient cassant, tandis que de l'azote est mis en liberté.

M. Berzélius relate le même fait sans dire non plus pourquoi le fer devient cassant.

6° Si on fait passer (CARON) un courant de gaz ammoniac sec sur du fer rouge entouré de charbon concassé, il y a cémentation rapide et belle du métal.

7° Quand on fait passer (CARON) un courant de cyanure d'ammonium gazeux, pur et sec, sur du fer rouge, il y a encore cémentation rapide et belle du métal.

8° Quand on chauffe au rouge (CARON) du fer entouré d'un cyanure fixe de *potassium*, *sodium*, *barium*, *strontium*, et..., on obtient une cémentation belle, mais moins rapide que dans le cas précédent.

9° Si on rend le cyanure de potassium légèrement volatil, en le préparant par la méthode de *Newcastle* (voir CAHOURS, § 563) là ou la réaction a lieu, c'est-à-dire si (CARON) on fait passer un courant d'air sec sur du charbon imprégné de carbonate de potasse et servant d'enveloppe à une barre de fer rouge, on obtient une cémentation magnifique et profonde.

10° Quand on fait agir un corps carburant (FRÉMY) sur du fer rouge préalablement azoté (fait n° 4), il y a génération d'acier; si le fer n'a pas été préalablement azoté, il y a génération de fonte (ce dernier fait n'est pas parfaitement établi).

Ces dix faits constituent, nous le pensons du moins, tout

l'arsenal des principes sur lesquels reposent les théories de l'acier émises par MM. Frémy et Caron. Sont-ils suffisants pour autoriser M. Frémy à considérer l'acier comme un *azoto-carbure de fer*, et M. Caron à considérer l'azote et les cyanures comme les véhicules *indispensables* du carbone dans la cémentation? Ce n'est pas notre avis et nous allons essayer de convaincre le lecteur que ces dix faits n'infirment en rien notre théorie de la trempe.

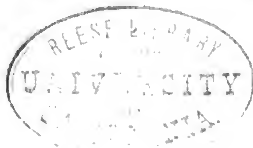
En effet, voici d'abord ce que nous lisons dans la revue scientifique de M. Figuier (journal *la Presse*, feuilleton du 13 avril 1861) :

« Dans la séance du 1er avril de l'Académie des sciences, qui » a été presque toute entière occupée par la discussion de cette » question fondamentale, M. Frémy a lu un nouveau mémoire » dans lequel il prouve que l'on détruit l'acier en lui enlevant » l'azote. Il a mis sous les yeux de l'Académie une lame d'acier » fondu dont une partie seulement avait été soumise à l'action » d'un courant de gaz hydrogène, en maintenant le métal à la » température rouge. L'opération a duré trois heures, et, pen» dant tout ce temps, l'acier a dégagé constamment des vapeurs » ammoniacales, et probablement d'autres alcalis azotés dont » la vapeur possédait une odeur de corne brûlée. La partie de » la lame qui a subi l'influence de l'hydrogène et qui a perdu » son azote, est entièrement *désaciérée*; elle s'est transformée » en fer doué d'une malléabilité merveilleuse, très-doux et qui » ne peut plus être modifié par la trempe; tandis que la partie » de la lame qui n'a pas été *désazotée*, a conservé tous les carac» tères de l'acier.

» La constitution de l'acier semble donc établie aujourd'hui, » grâce aux recherches de M. Frémy, par la synthèse et par » l'analyse; on peut dire qu'on *acière* du fer en l'azotant en » présence du carbone, et qu'on le *désacière* en le *désazotant* » par l'hydrogène. »

Nous avons le regret de le dire, mais ces faits ne prouvent, absolument, rien et nous sommes étonnés de les voir invoquer par un membre de l'Institut, professeur de chimie.

Il est très-vrai que, sous l'influence de la température, *l'hydrogène* enlève au *fer*, comme le *fer* enlève à *l'hydrogène* (p. 376)



l'azote auquel il est allié; seulement, il convient de remarquer que, quand il n'y a ni hydrogène pour réagir sur l'azoture métallique, ni fer pour réagir sur l'ammoniaque, le recuit en vase clos produit seul le même résultat.

En second lieu, M. Frémy sait, comme nous, que l'hydrogène, en contact avec le carbone à haute température, s'empare de ce dernier et se combine avec lui. La désaciération du métal et l'odeur de corne brûlée n'ont pas d'autre cause. On ne peut considérer cette explication comme sérieuse; aussi, nous n'insisterons pas plus longtemps sur ce point et allons aborder la question directement.

Il est incontestable que l'azote, soit naissant, soit en combinaison volatile, soit allié au fer, accélère considérablement la cémentation de ce dernier.

Il est également incontestable qu'il y a de l'azote dans les aciers du commerce. Mais nous ne voyons que cela et sommes d'autant plus autorisé à n'y voir que cela que, après avoir constaté les mêmes faits, MM. Frémy et Caron en tirent des conclusions diamétralement opposées.

Évidemment, si l'ammoniaque était décomposée par le fer rouge, on pourrait en conclure que l'azoture de fer auquel donne lieu la décomposition de ce gaz, en présence du métal, est une combinaison; que, conséquemment, si le carbone prend ensuite tout ou partie de la place occupée par l'azote dans le métal, cela ne peut provenir que d'une plus grande affinité chimique génératrice d'une nouvelle combinaison.

Mais ce n'est pas le fer qui décompose l'ammoniaque, c'est la chaleur seule; le fer, en tant que métal, n'agit que mécaniquement, en faisant disparaître, au fur et à mesure de sa mise en liberté, un des composants de ce composé et en supprimant ainsi un des obstacles que rencontre la partie non décomposée dans sa marche vers les surfaces rugueuses dont le contact est nécessaire à sa décomposition. Ainsi, l'absorption par le fer de l'azote provenant de la décompostion du gaz ammoniac, ne prouve nullement que le composé qui en résulte est une combinaison; ce peut tout aussi bien être une dissolution. Pour nous, ce composé est d'autant plus incontestablement une dissolution

qu'il en accuse tous les caractères distinctifs et qu'il n'accuse aucun de ceux de la combinaison. En outre, le carbone, en se substituant à l'azote, démontre même un principe qui n'est pas à dédaigner, à savoir que :

De deux corps solubles, mis en présence d'un dissolvant solide, si l'un est fixe et l'autre volatil, le premier seul reste dissout et le second est éliminé.

Si M. Frémy avait trouvé, dans l'acier, le carbone et l'azote en proportions correspondant au cyanogène, on aurait pu voir, dans ce composé, soit un cyanure de fer, soit une dissolution de cyanogène dans le fer. Mais, comme M. Boussingault l'a constaté après M. Frémy lui-même, l'azote ne figure dans l'acier qu'en proportion impondérable, un cinq millième environ. Sa présence est donc bien plutôt le résultat d'une évaporation incomplète de l'azote, en présence du carbone, que d'une nécessité; ce qui semble prouver qu'il en est ainsi, c'est que M. Frémy n'a pas trouvé d'azote dans la fonte, c'est-à-dire dans un corps beaucoup plus carburé que l'acier. Aussi pourrait-on s'assurer que la présence de l'azote dans l'acier est due à une élimination incomplète, en faisant les analyses comparées d'aciers, les uns très peu et les autres très-fortement carburés; les premiers doivent contenir plus d'azote que les seconds. Enfin, ce n'est pas parce qu'il y a de l'azote dans l'acier qu'on est en droit d'en conclure que ce composé est un azoto-carbure de fer. Il y a du soufre dans les aciers de Rives; il y a du silicium dans ceux que l'on obtient en cémentant la fonte dans les oxydes métalliques; il y a du phosphore dans ceux que l'on fabrique avec certaines fontes du Périgord; faut-il pour cela conclure que ces aciers sont des sulfuro-carbures, ou des siliceo-carbures, ou des phosphoro-carbures de fer? A un certain moment, les révélations de M. Frémy ont pris cette tournure; mais nous pensons que, aujourd'hui, M. Frémy lui-même en est revenu.

Il y a de l'azote dans les aciers du commerce; voilà qui est vrai et explique les différences de qualité obtenue suivant le mode de fabrication avec le même fer. Or, comme la présence de l'azote rend le fer cassant, il est facile d'en conclure que plus l'acier contient de ce métalloïde, plus sa qualité laisse à désirer.

Mais, va dire M. Caron, comment expliquez-vous l'intervention favorable du cyanure dans la génération de l'acier?

Nous répondrons d'abord que l'intervention du cyanure est favorable à la cémentation, mais qu'il n'est nullement démontré qu'elle est favorable à la qualité du produit. La preuve de ceci, c'est que cette intervention est connue depuis un temps immémorial et est employée universellement pour la trempe superficielle, sous forme de cuir, suie, cornes, etc. Si donc les fabricants d'acier n'y ont pas recours, c'est qu'elle n'a pas donné de bons résultats pour la fabrication.

Quant à l'explication de cette intervention, nous la trouvons tout au long, dans cette phrase de Berzélius (tome III, page 99) :

« Le cyanure ferroso-potassique se compose de deux atômes » de cyanure potassique et de un atôme de *cyanure ferreux*. Par » la calcination, ce dernier se détruit : il se dégage du gaz » nitrogène, et il reste du carbure de fer. »

M. Caron est-il bien certain que, dans le fait n° 9, qui a produit une si belle et si rapide cémentation, il ne s'est pas passé quelque chose d'analogue à cette réaction qui vient, d'autre part, confirmer le principe de la page 380, relatif à la dissolution des corps fixes et volatils?

En tous cas, il nous semble que, pour être autorisé à déclarer l'intervention du cyanure indispensable à la carburation du métal, il faut démontrer que la cémentation est impossible sans cette intervention. Or, nous l'avons déjà dit, nous avons fabriqué des quantités assez considérables d'acier en substituant, soit dans les caisses à cémenter, soit dans les creusets, le graphite naturel au charbon de bois; nous avons même de fortes raisons pour supposer que Krupp use largement de ce moyen. La durée de l'opération et la qualité de l'acier ont été, pour nous, les mêmes que quand on emploie le charbon de bois.

Il est très-vrai que le charbon de bois, contenant une petite proportion de carbonate de potasse, doit donner naissance, pendant la cémentation, à du cyanure de potassium; mais de là à conclure que toute la carburation est due à cette intervention, il y a loin.

En résumé, quand bien même, ce qui n'est pas, l'intervention de l'azote et des cyanures dans la carburation du fer serait indispensable, du moment où il n'est plus question d'azoto-carbure, mais de carbure de fer, cela n'infirme en rien ce que nous avons dit de la trempe et il ne reste plus en présence, pour la définition de l'acier, que la théorie de KARSTEN et la nôtre.

II. — DES FERS BRULÉS.

Il existe à notre connaissance trois composés ayant, pour l'un de leurs composants, le fer et dont la texture est à peu près identique, savoir :

1° L'acier trempé vif et non recuit ;

2° Le fer brûlé ;

3° Le fer allié d'étain.

L'*acier trempé vif* et non recuit a le grain *fin*, *blanc* et *brillant*.

Le *fer brûlé* a le grain *fin*, *blanc* et *demi-mat*.

Le *fer allié d'étain* a le grain *fin*, *blanc* et *mat*.

L'acier trempé se distingue, en outre, des deux autres par sa dureté sous le burin et la lime. Il est aussi infiniment moins fragile.

Le fer brûlé et le fer allié d'étain ont la même fragilité ; une barre tombant d'une hauteur de $1^m,00$ sur le pavé se casse en quatre ou cinq morceaux.

Le fer brûlé se distingue du fer allié d'étain en ce que, recuit en vase clos, pendant 24 heures, il redevient nerveux et tenace, tandis que le second reste cassant comme devant.

Ces caractères distinctifs donnés, nous allons parler des fers brûlés :

Quand on prend des déchets de perles d'acier, c'est-à-dire des bandes de tôle de fer décapé, première qualité, ayant 11 à 12 centimètres de large, 50 cent. de long et 1^{mm} environ d'épaisseur, percées d'une infinité de petits trous représentant les places qu'y occupaient les perles avant le découpage, puis qu'on assemble une trentaine de ces bandes avec des liens en fil de fer de manière à composer un paquet de 4 pouces de côté ; ce paquet, chauffé suant dans un four à souder, retourné plusieurs fois dans le four et étiré au laminoir, en rond de 18 à

25^{mm} de diamètre, donne le fer fragile dont nous avons parlé plus haut.

Ce fer, cémenté pendant 12 heures dans du charbon de bois, ou recuit pendant 24 heures en vase clos, redevient au moins aussi nerveux que celui qui a servi à fabriquer la tôle à perles d'acier.

KARSTEN a obtenu le même résultat (tome Ier, § 126) en donnant à ce fer une chaude suante, hors du contact de l'air, et il a choisi pour cela un bain de laitier.

Le même auteur (§ 155), ne soupçonnant pas la dissolution des gaz par le fer, attribue la mauvaise qualité du fer brûlé à un changement de texture provoqué par l'oxydation à la surface des facettes qui se forment dans la masse, et il ajoute (§ 178): « Le fer dit brûlé ne m'a jamais donné une trace de carbone. »

La définition que cet illustre métallurgiste donne du fer brûlé provient de ce qu'il a seulement constaté son existence, mais ne connaissait pas le moyen de le préparer instantanément. Les fers brûlés, par accident de fabrication ou en service au feu, sont, en effet, à facettes mélangées de grains fins; mais ces facettes ne proviennent pas de l'action des gaz sur le métal; elles sont dues à la température prolongée qui produit la cristallisation du métal du centre à la surface (page 148).

M. BOUSSINGAULT a bien voulu rechercher l'azote dans un échantillon de fer brûlé que nous lui avons remis; il n'y a trouvé que $\frac{1}{10000}$ de ce gaz.

Qu'est donc le fer brûlé? Est-ce une dissolution d'oxygène ou, simplement, une dissolution de protoxyde de fer dans le métal?

La facilité avec laquelle l'oxygène attaque le fer, à haute température, pour le convertir en deutoxyde, c'est-à-dire, selon les chimistes, en mélange ou combinaison de protoxyde et péroxyde, autorise à supposer qu'une partie du protoxyde formé se dissout dans le métal. Mais l'évaporation du composant dissout sous l'influence du recuit, autorise aussi à supposer que l'oxygène est là à l'état de simple dissolution.

Que le fer brûlé soit une simple dissolution d'oxygène ou une dissolution de protoxyde de fer dans le métal, dans les deux cas, c'est l'oxygène qui communique au métal sa fragilité.

Le rochage de l'argent (CAHOURS, § 870) pourrait, jusqu'à un certain point, jeter du jour sur les conséquences du contact des métaux avec l'oxygène de l'air à haute température. En effet, l'argent, inoxidable directement, mis en fusion, dissout jusqu'à 22 °/₀ de son poids d'oxigène, emprunté à l'air ambiant, puis, quand il se solidifie, rejette la totalité de ce gaz. Ce qui est principalement remarquable c'est qu'il n'absorbe pas d'azote. Quand on fond du vieux plomb, c'est-à dire du plomb terne superficiellement, ce métal retient en dissolution une forte proportion d'oxygène pur ou combiné. Il suffit, pour s'en assurer, de plonger dans le bain une feuille de tôle de fer parfaitement décapée; on la retire toute oxydée.

Si du plomb nous passons au fer, métal éminemment oxydable, il semble tout naturel que le métal absorbe soit de l'oxygène, soit une partie du protoxyde formé à la surface pendant le chauffage à haute température. Si, surtout, on observe que le fer brûlé se produit toujours là où la température n'est pas assez élevée pour donner naissance à la batiture liquide, c'est-à-dire quand le chauffage est sec, on arrive à cette conclusion à savoir que : quand la température est insuffisante pour donner naissance à du deutoxyde, insoluble dans le métal, mais suffisante pour donner naissance aux colorations du recuit, l'oxygène réagit sur le métal, soit par attraction moléculaire, soit par affinité et s'y dissout pur ou combiné, c'est-à-dire, dans ce second cas, sous forme de protoxyde.

Les colorations du recuit et le fer brûlé sont donc non seulement les effets d'une même cause, mais encore plus que probablement deux effets identiques. Maintenant est-ce l'oxygène pur qui se dissout dans le métal? est-ce, au contraire, le protoxyde? Voilà la question.

Quand on soumet une lame de fer décapé à l'action du calorique croissant, cette lame prend successivement les colorations jaune, orangé, rouge, violet, indigo, bleu, vert. Si, à chaque couleur atteinte, on retire la lame du feu et la laisse refroidir, la coloration persiste. On peut donc déjà dire que les colorations du recuit sont des indices d'altérations superficielles du métal différentes les unes des autres ou d'une même altération

croissant avec la température. Il n'est pas admissible qu'elles proviennent de 7 degrés d'oxidation différents; il est plus admissible, en cas d'oxidation, que les colorations sont les indices du plus ou moins d'altération produite par la combinaison, c'est-à-dire du plus ou moins de molécules du métal atteintes par l'oxygène.

Quand on admet comme nous que le phosphore et le soufre en dissolution dans le métal ne peuvent y figurer qu'à l'état de phosphure ou de sulfure, il est rationnel d'admettre aussi que l'oxygène n'y peut figurer qu'à l'état d'oxyde. Cependant voici un fait qui, en ce qui concerne les colorations du recuit, est en opposition avec cette conclusion :

Si on plonge dans de l'*acide sulfureux gazeux et sec* une feuille de tôle polie et colorée par le recuit, même en bleu, les colorations disparaissent instantanément sans trace de résidu apparent.

En admettant que, dans ce cas, il y a formation de sulfite de protoxyde en quantité impondérable, il devient alors nécessaire de trouver des explications plausibles pour la décoloration des matières organiques et surtout des fleurs de *dahlias*, par exemple, par ce même acide sulfureux. Il n'y a pas de sulfite admissible là; il n'y a d'admissible qu'une absorption d'oxygène en dissolution par l'acide sulfureux avide de devenir acide sulfurique.

Voilà pourquoi nous avons toujours considéré les colorations soit du recuit, soit des plantes, etc., comme produites par la dissolution superficielle de l'oxygène, et chaque coloration, prise en particulier, comme l'indice de la proportion d'oxygène dissout. Cette explication a cela de plausible que, précisément, les colorations les plus rapprochées du vert, dans certaines plantes, comme chez certains oiseaux, ne s'obtiennent que dans les pays chauds; qu'en outre, les fleurs venues dans les caves sont blanches.

Il faut donc, de toute nécessité, admettre que les colorations du recuit, comme les colorations des plantes, sont le résultat de la dissolution superficielle de l'oxygène. Quant au fer brûlé, il y aurait peut-être un moyen de s'assurer s'il en est de même de lui que des colorations du recuit. Ce moyen consisterait

à convertir en tôle fine une barre de fer brûlé ou mieux à passer directement, au laminoir à tôle, le paquet de fer brûlé sortant du four, après l'avoir serré en deux ou trois passes à un dégrossisseur plat. Il est possible que cette feuille, plongée dans un ballon rempli d'acide sulfureux sec, perde sa fragilité au bout de quelques instants, si l'oxygène n'y est qu'à l'état de simple dissolution. Si, au contraire, l'oxygène y est à l'état de protoxyde, l'acide sulfureux doit être sans action sur elle.

Rappelons qu'un simple recuit en vase clos suffit pour faire évaporer l'oxygène du fer brûlé ; il est peu supposable que le protoxyde de fer en dissolution dans le métal se décompose sous l'influence du recuit à la température rouge.

Le fer n'est pas le seul corps qui, mis en contact avec l'oxygène sous l'influence d'une température modérée, revêt les colorations du spectre solaire. Tous les métaux se comportent comme lui d'une manière plus ou moins apparente; l'un des moins oxydables, l'*or*, est un de ceux où les colorations du recuit sont le plus palpables, par cette raison même que le contact de l'oxigène, à haute température, n'engendre pas la combinaison.

Sans parler du pourpre de Cassius où la coloration est exclusivement due à la dissolution de l'oxigène dans l'or, il y a la coloration propre du métal tel qu'on le connaît, qui autorise à supposer que, pur, il serait blanc. En effet, l'or qui a été fondu avec le salpêtre, corps éminemment oxydant, est de couleur jaune orangé ; quand, au contraire, il a été fondu avec du borax, corps éminemment décapant, il est jaune paille.

L'oxyde de zinc, chauffé au contact de l'air, prend successivement les teintes jaune paille et orangé qu'il perd au bout d'un certain temps, quand il est redevenu froid.

Le protoxyde de plomb, chauflé au contact de l'air, affecte successivement les teintes jaune, orangé, rouge, violet, avant d'affecter celle qui est considérée comme carastéristique de son péroxyde, dit oxyde pure. Ces colorations sont dues incontestablement à l'oxygène ; on admet qu'elles sont les couleurs des combinaisons qu'il engendre avec l'oxygène ; nous ne nions pas les combinaisons mais nous constatons que les colorations qui accompagnent ces combinaisons sont tellement analogues à

celles précédemment citées, qu'il paraît difficile de ne pas leur affecter la même origine. Ce qui est particulièrement remarquable et doit donner à penser aux chimistes c'est que l'oxyde de zinc, qui est la seule combinaison connue du zinc avec l'oxygène, ne conserve pas les colorations du recuit, tandis que les oxydes de plomb les conservent.

Pour la matière organique, la coloration par l'oxygène en dissolution n'a pas besoin d'être démontrée, elle est incontestable.

Il suffit de passer en revue tous les composés de la chimie et s'arrêter à ceux en faveur desquels les auteurs emploient cette phrase stéréotypée : les composés que forment entre eux le .... et le .... n'ont pas encore été suffisamment étudiés.... pour être certain que là se trouve un composé rebelle à la nomenclature et, par conséquent, une dissolution solide. Nous ferons notre possible pour aborder un jour le travail gigantesque de l'élimination des dissolutions solides qui font triste figure au milieu des combinaisons avec lesquelles on veut les forcer à vivre.

III. — SUR LA MATIÈRE ORGANIQUE.

Nous avons dit (page 155) que, quand un composé est *dissolution*, il y a réaction sur toute la masse de l'un des composants, si le réactif a seulement un point de contact avec le composé et si le composant attaqué est doué de la mobilité atomique. Si, comme nous le prétendons (page 149), la matière organique n'est autre chose qu'une dissolution, dans l'*eau solide amorphe*, d'*oxygène*, *hydrogène*, *azote* et *carbone*, libres ou combinés, soit dans leur état naturel, soit dans leur état allotropique, la médication intérieure peut être remplacée par la médication extérieure, pour toutes les substances qui, en détruisant un mal, sont susceptibles d'en communiquer un autre.

En effet, tous les médicaments internes sont des composés solubles dans l'eau ou susceptibles de donner lieu, après leur administration, à des composés solubles dans le sang. Le sang est considéré comme le véhicule chargé de les déposer là où se manifeste un phénomène nuisible à l'économie animale. Or, le sang est un dissolvant liquide; si donc la cause du mal est un

des composants du sang, il suffit de réagir en un point de la circulation de ce dernier pour le saturer intégralement. Mais, comme la réaction en un point du corps seulement est infiniment plus lente que sur toute la surface, la conséquence à tirer de ce que nous venons de dire est que la médication interne peut être remplacée par des bains composés, toutes les fois que les médicaments sont à la fois salutaires et nuisibles.

Jusqu'ici on a considéré le bain comme remplissant son but, lorsque le malade y est resté une ou deux heures. Ce n'est pas ainsi, à notre avis, que le bain doit être administré pour opérer son effet; il doit être continu jusqu'à l'extinction complète de la cause du mal.

Il y a, comme en chimie, trois modes principaux d'action des médicaments, savoir : la *substitution*, la *saturation* et la *décomposition*.

Certes, quand la cause du mal est locale et insoluble dans le sang, comme les tubercules, par exemple, quelques réactifs qu'on emploie à l'extérieur, on ne la détruit pas. Mais si, comme dans les tubercules précisément, le principe de la génération du mal est en dissolution dans le sang, la réaction extérieure a pour effet, sinon de détruire le mal lui-même, du moins d'arrêter ses progrès.

Or, il convient de remarquer que toutes les maladies, à de très-rares exceptions près, ont leur source dans le sang. Si donc, par la médication extérieure, on a accès jusqu'à ce dernier, il suffit de réagir, au moyen de bains continus, sur tous les éléments nuisibles que ce dernier tient en dissolution, pour préserver le corps de maladies.

Mais, dira-t-on, quels sont les réactifs qu'il convient d'employer? D'abord tous ceux dont on fait usage aujourd'hui; ensuite ceux que ce genre de médication fera découvrir. En effet, il est bon de remarquer que par la médication intérieure la médecine n'est pas, comme la chimie, une science qui a pour but de produire une réaction déterminée mais simplement une science de constatation d'effets dûs au hasard c'est-à-dire une science qui fait de la chimie sans le savoir. Il n'y a guère qu'un cas où la médecine fait de la chimie en le sachant. Ce cas

est celui de la *gastrite*; encore est-ce un chimiste, M. D'ARCET, qui, atteint de cette maladie, a démontré que l'eau de VICHY n'avait d'autre effet utile que de saturer des acides.

Or, pourquoi la médecine est-elle aussi arriérée? C'est parce qu'il lui est interdit d'analyser les résultats des réactions qu'elle opère. Elle sait que tel réactif est favorable ou nuisible, mais elle ne sait pas à quel composé il donne naissance.

Si donc, au lieu de procéder par réaction directe, comme quand on a affaire à des combinaisons, on procède par réaction superficielle, conséquence rationnelle de la dissolution, tous *les produits de la réaction*, ou restent à l'état de dissolution dans le bain, ou se déposent à la surface du corps et alors il est facile de déterminer par l'analyse quelles sont les réactions qu'il est utile ou nuisible d'opérer, sachant les composés qu'il faut obtenir ou éviter.

Ce que nous essayons de démontrer ici est-il bien nouveau? Non, certes, car jamais à aucune époque on n'a autant usé de la médication extérieure qu'aujourd'hui. Elle s'opère sous toutes les formes; partant de ce principe, que la cause de toutes les affections est dans l'inflammation locale, elle se propose de détruire cette dernière à l'intérieur en la généralisant à la surface, comme la médecine allopathique fait à l'intérieur en réagissant sur les intestins. Telles sont les méthodes qui ont pris les noms d'hydrothéropie, hydro-sudothérapie, bains russes, bains de vapeur, douches, ventouses, frictions, bains aromatiques, etc.

Sans contredit, ces méthodes sont aussi rationnelles que la médication intérieure; ce qui les a empêchés de se généraliser, c'est l'absence de justification théorique. Eh bien, cette justification nous venons de la donner; seulement nous allons plus loin que les excitateurs de la peau; nous prétendons que cette dernière, non seulement est destinée à dériver les inflammations intérieures, mais encore est le rendez-vous naturel des réactifs et des principes morbifiques.

Parmi les médicaments internes, celui qui est peut-être le plus employé et produit les effets les plus désastreux est, sans contredit, le *deuto-chlorure de mercure*. Ce réactif s'adresse au

sang ou mieux à l'un de ses composants qu'il s'agit d'éliminer. Que l'on plonge le malade pendant huit, vingt, cinquante jours s'il le faut dans un bain de ce réactif et il en obtiendra, sans conséquences nuisibles, tous les effets utiles. On peut objecter, il est vrai, que la peau est non seulement un exutoire, mais encore un absorbant. Nous ne le nions pas; mais qu'importe s'il y a absorption nuisible par la peau, pendant l'action bienfaisante du réactif; l'effet de cette absorption sera toujours moindre que quand il y a ingurgitation du réactif lui-même.

Un fait qui vient à l'appui des méthodes précitées, pour démontrer que l'expérience est d'accord avec notre théorie, est la création d'un journal intitulé : l'*Uroscopie* ou journal de la médecine fondée sur l'examen chimique des *urines*, c'est-à-dire de ce que nous avons appelé plus haut : *les produits des réactions*.

L'analyse des *urines* est, en effet, pour la médication interne, le seul moyen de constater rationnellement le résultat de l'administration des médicaments; car ce liquide contient tous les composés solubles qui ne restent pas dans le sang. Mais cette méthode ne peut prétendre, comme la médication externe, à la constatation des composés insolubles, si, toutefois, il y a lieu d'en produire.

Il paraît, du reste, que cette méthode n'est pas nouvelle et que, quoique très-rationnelle, elle a beaucoup d'ennemis. En effet, les premiers numéros du journal précité contiennent une lettre d'un médecin de Lyon, le docteur Sévin, dans laquelle ce dernier se plaint du peu de succès qu'il a obtenu pendant sa longue carrière, auprès de ses confrères, en prônant cette méthode adoptée aujourd'hui.

Nous sommes obligés de dire à M. Sévin que d'abord le *sic vos non vobis*, de *Virgile*, n'a pas cessé d'être à l'ordre du jour; ensuite, que Koepler, qui connaissait par cœur son contemporain, publiant ses magnifiques découvertes sur l'astronomie, les a fait précéder de la préface suivante :

« Le sort en est jeté, j'écris mon livre; on le lira dans l'âge
» présent ou dans la postérité, peu m'importe; il pourra attendre
» son lecteur. Dieu n'a-t-il pas attendu six mille ans un contem-
» plateur de ses œuvres. »

Que, enfin, ALPHONSE KARR a dit dans sa poignée de vérités :
« Le second cas où l'on fait volontiers l'éloge d'un homme » c'est quand cet homme est suffisamment mort et quand son » éloge sert à rabaisser les vivants. »

Il faut donc prendre le contemporain comme il est et se préoccuper peu de lui, quand on émet une idée utile. Maintenant nous ajouterons qu'il ne suffit pas, pour obtenir le succès, de constater un fait; il faut encore le justifier par une théorie. Quelqu'exacte que puisse être celle que nous avons émise il y a dix ans, elle est, presqu'à coup sûr, inconnue des hommes officiellement compétents pour l'apprécier. Que faire à cela? écrire et attendre; c'est ce que nous faisons; que M. SEVIN fasse comme nous.

Remarque. Avant d'être végétal ou animal, la matière organique est d'abord *germe*. Or, pour qu'il soit possible d'admettre qu'elle a pour principal composant l'eau solide amorphe, il faut que le germe jouisse, par rapport à l'eau liquide, de la même propriété que la chaux vive, c'est-à-dire que, en contact avec l'eau liquide, le germe la dissolve en la solidifiant.

Mais, s'il en est ainsi, comme 1 kil. d'eau émet, à l'état sensible, en se solidifiant, 75 calories, la germination, soit végétale, soit animale, dans la *terre*, dans l'*eau*, dans l'*œuf* et même dans le *corps* de l'animal, doit engendrer du calorique.

En est-il ainsi ?

En ce qui concerne la solidification de l'eau, il est incontestable qu'une *graine*, mise dans la terre affectant une température convenable et suffisamment humide, pompe de l'eau liquide, augmente de volume et au bout d'un temps plus ou moins long se présente sous forme solide, suant, il est vrai, l'eau liquide par tous ses pores, quand on la coupe, mais ayant les enveloppes de ces pores solides et centuples de ce qu'elles pouvaient être dans le germe.

En ce qui concerne le développement de calorique qui doit être la conséquence de la solidification de l'eau, il est, nous le pensons, incontestable que la germination, même à l'abri du contact de l'air, engendre du calorique.

Il résulte de cette manière de voir que la matière organique

se recrute à la fois dans l'eau et dans l'air, c'est-à-dire dans les liquides et dans les gaz et que les matières inorganiques, que l'on y rencontre insolubles, y ont été apportées par des composants solubles soit dans l'un, soit dans l'autre des fluides nutritifs.

Il en résulte également que les composants insolubles, devant être le résultat de la rencontre et de la combinaison, dans le corps, de composants solubles dans l'un des deux fluides et insolubles dans l'autre, toute matière organique qui ne se développe que par l'absorption de l'un des deux fluides, eau ou air, doit nécessairement affecter une composition autre que celle qui participe des deux genres de développement. Bien plus, on peut affirmer que celle qui se développe exclusivement dans *l'eau* est presqu'intégralement composée d'eau solide amorphe, tandis que celle qui se développe exclusivement dans *l'air* est presqu'intégralement composée de carbone, oxygène et azote.

IV. — DE LA MATIÈRE EN GÉNÉRAL.

La matière peut-elle être antérieure ou est elle nécessairement postérieure à la présence du calorique ?

Nous avons dit que, quelle que soit la théorie à laquelle donne lieu l'observation de la transmission du calorique, ce dernier, en présence du corps, se comporte comme un fluide impondérable, il est vrai, mais moléculaire et constituant, avec ce dernier, des composés qui présentent tous les caractères de la *combinaison* et de la *dissolution* et, par conséquent, doivent être assujétis aux mêmes lois que ces états chimiques.

Il résulte de cette manière de voir que l'état liquide est le résultat de la combinaison de l'état solide avec le calorique et l'état gazeux est le résultat de la combinaison de l'état liquide avec le calorique.

De là cette question : l'état solide est-il primitif ou, comme les états liquide et gazeux, le résultat de la combinaison du calorique avec un état antérieur qui nous est inconnu et qu'on peut désigner sous le nom de *néant?*

Eu égard à l'avancement actuel de la science, nous nous contentons de définir : corps simples, les corps qui, soumis à l'analyse, n'ont pas encore pu être décomposés. Laissant de côté tous les corps composés pour ne plus nous occuper que des corps simples, voyons s'il est possible de pressentir ce qui advient quand ces corps, soumis au refroidissement, finissent par abandonner les dernières molécules de calorique qu'ils tiennent en dissolution.

Il y a deux hypothèses possibles, savoir :

Ou le corps reste intact après l'abandon des dernières parcelles de calorique dissout ;

Ou le corps commence à émettre à l'état sensible du calorique latent et se décompose en ses éléments.

Dans le premier cas, non seulement la matière se trouve avoir été, à son origine, le produit d'une fabrique dirigée par la Providence et située en un point quelconque de l'espace, mais encore ce qui pour nous est composé, devient pour cette dernière élément, car il n'y a pas de raison pour que le corps solide composé se décompose en ses éléments simples au moment où le calorique l'abandonne, sans quoi le refroidissement produirait la décomposition, tandis que c'est, généralement, l'échauffement qui la produit.

Dans le second cas, au contraire, dès que le calorique disparaît, la matière disparaît aussi et il ne reste plus qu'un de ses éléments qu'on peut supposer composé de diverses espèces d'atômes ou mieux d'une seule espèce d'atômes susceptibles de se combiner avec le calorique en diverses proportions et d'engendrer ainsi les véritables corps simples.

Bien que depuis longtemps la science ait renoncé à s'appuyer sur des hypothèses, il n'est pas inutile, quand il s'en présente, d'en sonder toute la profondeur; car si leur étude ne conduit pas au but, elle peut contribuer à mettre sur la voie qu'il faut prendre pour y arriver.

L'hypothèse de l'éternité de la matière et de son départ on ne sait d'où, qui est la base de la physique moderne, est bien pauvre en résultats; aussi, quelqu'ingénieuse que soit la théorie de Laplace sur la génération des planètes, cette théorie ne

peut servir qu'à expliquer comment la matière, après sa génération à l'état gazeux, s'est divisée, puis subdivisée avant de se refroidir et arriver à l'état où on la trouve aujourd'hui. Supposer que la nébuleuse, dont le refroidissement a produit les planètes, est de même essence que le soleil qu'elle enveloppait, c'est matérialiser immédiatement tous les globes lumineux, sans que rien, dans leurs rapports avec la matière, y autorise. Le soleil peut tout aussi bien être considéré, malgré les analyses spectroscopiques, comme un électro-calorifique que comme une *matière* incandescente se refroidissant tous les jours; nous dirons même que, loin de se refroidir, le soleil générateur du calorique, pour les planètes qui l'entourent, en doit être également le centre attracteur. Dans cette hypothèse, assez en rapport avec ce qui se passe depuis que le monde existe, le calorique se trouve alors, par rapport au soleil, ce qu'est l'atmosphère par rapport à la terre, c'est-à-dire un fluide relativement pondérable.

L'univers se résume alors en deux fluides élémentaires, savoir :

Le *calorique*, représenté par les globes lumineux générateurs;

Le *néant*, occupant les espaces non compris dans les atmosphères calorifiques.

La génération des aérolithes serait alors la conséquence du contact des deux fluides dans certaines circonstances qu'il est inutile d'apprécier pour le moment.

Voyons donc si, parmi les phénomènes qui se passent sous nos yeux, il en existe qui viennent à l'appui de cette hypothèse.

En premier lieu, nous remarquons que, dans la majeure partie des cas, quand il y a combinaison entre deux corps, il y a également génération de calorique. Or, cette génération de calorique ne peut provenir que de deux causes, savoir :

Ou le volume du composé est moindre que la somme des volumes des composants et il y a condensation du calorique dissout.

Ou le volume du composé étant exactement le même que la somme des volumes des composants, il y a calorique latent rendu sensible, c'est-à-dire abandon par l'un ou l'autre des

composants d'une partie du calorique combiné générateur de son état physique.

Exemple. — Un volume d'oxyde de carbone contient, dit-on, (CAHOURS, § 344):

1/2 volume d'oxygène.

1/2 volume de vapeur de carbone.

Si le fait est exact, en ce qui concerne le carbone, la combinaison a eu lieu sans condensation des volumes des composants; il n'y a donc pas eu condensation du calorique dissout. Il y a même lieu de supposer que, par la conversion du carbone solide en carbone gazeux, il y a eu calorique sensible rendu latent; mais admettons qu'il n'y en a pas eu.

Comme, en définitive, la génération de l'oxyde de carbone produit du calorique sensible, il faut nécessairement admettre qu'il y a du calorique latent qui a été rendu sensible. Qui a fourni ce calorique? Ce peut être l'oxygène, si ce n'est pas le carbone solide, attendu que l'oxygène gazeux contient à coup sûr du calorique latent. Cela signifie alors seulement que la proportion du calorique combiné nécessaire à la génération de l'oxyde de carbone gazeux est moindre que celle qu'exige l'oxygène affectant le même état physique.

Prenons un autre exemple :

Lorsqu'on triture (CAHOURS, § 890) dans un mortier un mélange de 1 partie de soufre et 2 parties de cuivre provenant de la réduction de l'oxyde par l'hydrogène à la plus basse température possible, la combinaison s'effectue quelquefois avec une production de chaleur telle que la masse devient rouge.

Ce fait est plus net que le précédent; les composants sont solides, le composé est solide, on ne les a pas chauffés; si donc le volume du composé est égal à la somme des volumes des composants, le calorique en dissolution n'a pas changé de volume et n'a pu contribuer à l'élévation de la température; il faut donc alors que le calorique rendu sensible provienne directement du calorique combiné, c'est-à-dire de l'un des éléments des deux composants solides.

Or, on a (BERZÉLIUS, t. I, page 170, t. II, pages 520 et 532)

Densité du soufre	. . . .	2,0454
Id. du cuivre	. . . .	8,9520
Id. du sulfure de cuivre, Cu^2S.	. .	5,7900

Composition du sulfure de cuivre :

Cuivre.	. . . .	79,73
Soufre.	. . . .	20,27
		100,00

D'où les proportions :

$$2045{,}4 : 1^{mc} :: 2027 : x = 0^{mc}{,}99$$
$$8952 : 1 :: 7973 : x = 0\ {,}89$$
$$\text{Total},\ 1\ {,}88$$
$$1^{mc}{,}88 : 10000^{k} :: 1^{mc} : x = 5310^{k}$$

Ce qui donne, pour densité du sulfure de cuivre, sans condensation des volumes des composants : 5,31.

M. Berzélius dit : 5,79, par expérience.

Toute la question est là ; le calcul que nous venons de faire pour le sulfure de cuivre peut se faire pour une foule d'autres combinaisons solides provenant de composants solides.

Si les densités servant de base aux calculs sont exactes ; si la densité du sulfure donnée par Berzélius est exacte, il y a eu condensation des volumes pendant la combinaison, et le calorique accusé peut n'être que du calorique dissout et condensé. Mais s'il est prouvé, tôt ou tard, qu'il n'y a pas eu condensation des volumes des composants, ce que permet d'espérer la petite différence existant entre 5,31 et 5,79, alors il est radicalement démontré que :

1° L'état solide des corps contient du calorique combiné ;

2° Le calorique est un des éléments constitutifs de la matière,

3° La matière est, nécessairement, postérieure à la présence du calorique.

Remarque. La quantité de calorique combiné que contient un corps, étant plus considérable dans l'état liquide que dans l'état solide, et dans l'état gazeux que dans l'état liquide, il s'ensuit que le calorique latent, rendu sensible par la combi-

naison, est plus considérable, quand le résultat de la combinaison est liquide que quand il est gazeux, et quand il est solide que quand il est liquide.

En effet, quelle que soit la quantité de calorique latent rendu sensible par la combinaison, il est évident que si le composé qui en résulte est gazeux, il conserve, à l'état latent, toute la différence qui existe entre ce qu'il en faut pour le constituer à cet état et ce qu'il en faut pour le constituer à l'état solide. Ceci explique pourquoi la combustion des métaux, qui donne des produits fixes, développe une température supérieure à celle que produit la combustion du carbone dont les produits sont gazeux.

(*La fin au prochain N°.*)

APPAREIL

POUR

ALIMENTER LES TENDERS DES LOCOMOTIVES

PENDANT QUE LE TRAIN EST EN MARCHE,

PAR

J. RAMSBOTTOM,

La planche 20-21 représente l'appareil inventé par M. Ramsbottom, chef de la traction sur le chemin de fer du Nord Ouest à Londres. Cet appareil ingénieux nous paraît présenter une grande importance à une époque où le temps est devenu si précieux, surtout dans les voyages par voie ferrée.

Dans le but d'éviter les retards qu'apportaient au service de la poste, entre Londres et Dublin, les arrêts des convois pour faire de l'eau, M. Ramsbottom s'est ingénié à découvrir un moyen par lequel le tender pourrait s'alimenter pendant la marche même à grande vitesse. Il y est parvenu en plaçant sur la voie, entre les rails, une auge à eau, et en adaptant sous le tender un tuyau puiseur mobile. Ce tuyau se termine par un bec qui agit à la manière d'une écope pour puiser l'eau ; et la vitesse du train force l'eau à s'élever dans le tuyau et à venir retomber dans le tender. L'idée est simple et neuve et a été réalisée avec succès.

La figure 1 représente une portion de locomotive et de tender, ce dernier en coupe, muni de l'appareil de M. Ramsbottom ; la

figure 2 est une élévation du tender. Le tuyau alimentaire A, qui peut être fixé au fond du tender, est légèrement courbé sur toute son étendue; à la partie supérieure, il s'évase de façon à acquérir une section dix fois plus grande qu'au bas, afin que la vitesse du courant d'eau diminue graduellement; enfin, il se termine au haut par un coude qui permet à l'eau de retomber dans le tender. En-dessous se trouve le tuyau puiseur mobile B recourbé vers l'avant dans la direction du mouvement et agissant comme écope. Un mécanisme spécial permet de relever ce tuyau pour le mettre hors des atteintes de ce qui pourrait se trouver sur la voie, et aussi pour régler la profondeur d'immersion dans l'auge C. Ce mécanisme peut, comme dans la figure mentionnée, se composer d'un tuyau en télescope ou à fourreau qu'on manœuvre au moyen d'un jeu convenable de leviers. La figure 3 représente en coupe la même disposition. A l'entrée de l'auge, le niveau des rails s'abaisse de quelques pouces pour permettre au puiseur de pénétrer dans l'eau sans en heurter la paroi transversale; et pour une raison analogue, à l'autre extrémité du réservoir, le niveau des rails s'élève de quelques pouces ; entre ces deux points , ce niveau est parfaitement horizontal. La figure 4 donne une idée de cette disposition : *a* représente le réservoir, qui peut avoir environ un quart de mille de longueur (400 mètres) ; *b*, *b*, la surface des rails ; *c*, *c*, les deux petits plans inclinés pour l'entrée et la sortie du puiseur ; le fond du réservoir est également incliné aux mêmes endroits. La figure 5 représente un autre mécanisme pour relever le tuyau puiseur. Ce tuyau est formé de deux parties réunies par une charnière *p*, comme on le voit fig. 6. Une vis *s* sert à régler la profondeur à laquelle on veut laisser plonger le tuyau. La partie mobile du tuyau se manœuvre au moyen du levier équilibré D assemblé à la tige E. Les figures 7 et 8 donnent une autre disposition analogue. La fig. 9 montre comment on peut encore, dans le même but, employer les tuyaux flexibles ; dans ce cas, contrairement à ce que nous avons vu précédemment, le levier G forme système rigide avec l'écope. Outre le jeu de leviers qui servent à relever le tuyau, il y a un mécanisme spécial destiné à régler la profondeur d'im-

mersion du puiseur : dans les fig. 1 et 9, c'est un excentrique (représenté en coupe fig. 10) qui porte l'axe du levier G; de la sorte, en tournant cet excentrique le point fixe du levier se déplace en montant ou en descendant, ce qui élève ou abaisse le bec du puiseur. Cette disposition a été adoptée dans ces deux cas parce que l'on ne pouvait, comme aux fig. 5, 6, 7, 8, employer des vis. Dans la fig. 11, les deux tuyaux sont réunis en un seul qu'on relève au moyen d'un pignon engrenant avec une crémaillère fixée à l'extérieur du tuyau. Cette dernière disposition présente cet avantage que l'on peut tourner le puiseur pour l'accommoder à la direction de la marche du tender. Dans les fig. 12 et 13, on voit, en coupe et en élévation de face, une combinaison de deux tuyaux dirigés en sens contraires de façon qu'il y en ait toujours un qui agisse, quel que soit le sens de la marche du convoi. Chacun de ces deux tuyaux peut être soulevé ou abaissé par un mécanisme indépendant de celui de l'autre.

La cuvette, en fonte, est formée de parties ajustées bout à bout et boulonnées aux billes, fig. 14, les joints étant hermétiquement fermés au moyen de caoutchouc vulcanisé, fig. 15. Ce mode d'assemblage prévient les avaries provenant de la dilatation du tassement de la voie et des vibrations déterminées par le passage des trains.

Le niveau de l'eau dans la cuvette est environ de deux pouces plus élevé que celui des rails. Le mode d'alimentation du réservoir est tout-à-fait subordonné aux conditions locales. Le réservoir est muni d'un tube de trop plein ; en outre, pour ne pas perdre d'eau et cependant maintenir un niveau convenable, on emploie un régulateur d'eau très-ingénieux, représenté fig. 16, 17, 18. Il se compose d'un bassin divisé en deux compartiments A et B. L'eau arrive par le tuyau C', dont l'ouverture est réglée par le papillon I mis en mouvement par le flotteur que l'on voit dans le compartiment A. Du compartiment B l'eau se rend dans la cuvette C sur la voie par le tuyau C^2. Son niveau est le même dans le compartiment B et dans la cuvette C. Dans la cloison qui sépare les deux bassins est pratiquée une ligne d'orifices par lesquels elle passe du compartiment B dans le

compartiment A, lorsque le niveau dans la cuvette est à la hauteur voulue. Dès lors, le niveau s'élevant dans A, le flotteur se soulève et ferme la valve I. Au fond du compartiment A se trouve un trop plein D qui n'a qu'une petite ouverture, de manière que, lorsqu'un convoi passe et que le niveau s'abaisse dans le compartiment B, le trop plein D vide le compartiment A, le flotteur retombe et ouvre le tuyau C'.

Pour compléter son invention, M. Ramsbottom y a ajouté un instrument destiné à briser la glace qui, en hiver, peut se former dans la cuvette. C'est une espèce de socle de charrue, fig. 19, monté sur quatre roues que l'on traîne en le faisant pénétrer d'abord sous la glace ; ce socle, ayant deux versoirs, divise la glace en deux portions qu'il rejette de part et d'autre de la voie. Un appareil de ce genre a fonctionné près de Couway, sur la voie de Chester à Holyhead, pendant l'hiver passé qui était fort rigoureux, et les essais ont été couronnés du plus grand succès.

D'après les expériences qui ont été faites, on a reconnu que ce mode d'alimentation peut fournir de 1,000 à 1,200 gallons (4^{m^3},4 à 5^{m^3},25) d'eau pour des vitesses comprises entre 50 et 22 milles à l'heure (80 à 40 kilomètres). La dernière limite prouve qu'on peut appliquer ce système d'alimentation aux trains de marchandises qui, marchant lentement, sont obligés de s'arrêter souvent pour alimenter le tender, et parfois de se mettre hors de la voie pour laisser passer un train de voyageurs. Comme la cuvette doit être placée en des points où le train est en pleine vitesse et où le niveau de la voie est peu élevé, on conçoit la possibilité d'utiliser, sans devoir établir des pompes, des sources d'eau trop éloignées des stations pour que l'on eût songé autrefois à les mettre à profit.

V. Dwels.

SUR UN NOUVEAU SYSTÈME DE FOURS A COKE,

APPLIQUÉ AU MENU CHARBON DU STAFFORDSHIRE,

PAR

M. ALEX. B. COCHRANE.

On a successivement imaginé, en vue de réduire les frais de fabrication du coke, un grand nombre de fours dont les succès ont été plus ou moins marqués. Tout récemment encore des tentatives ont été faites pour perfectionner les fours à sôle réchauffée, essayés, dès l'année 1853, par M. Dunning, et qui ont été fréquemment repris depuis lors, sans aboutir toutefois à un résultat décisif.

La fabrication du coke présente, pour les chemins de fer surtout, une importance considérable; et s'il était possible de produire ce combustible à un prix plus voisin de celui du gros charbon que ne le permet le système ordinaire de carbonisation, où l'on a un peu plus de 50 °/₀ de rendement, il conviendrait de rechercher s'il n'y aurait pas lieu de revenir à l'emploi du coke pour le chauffage des locomotives, et, selon toute probabilité, sa substitution à la houille serait jugée avantageuse. Dans le système ordinaire de fabrication le four constitue une chambre circulaire présentant, ainsi que le montre la fig. 7 de la pl. 24, dix pieds ($3^{m},04$) environ de diamètre intérieur, et dont la sôle incline légèrement vers la porte. La voûte qui le recouvre prend sa naissance à quatre pieds ($1^{m},22$) au-dessus de la sôle et présente à la clef une hauteur double. Elle est percée en son centre d'un orifice de chargement qui, dans la forme la plus simple des fours, sert en même temps de cheminée ou d'entrée dans le

carneau commun d'une série de fours ayant une seule cheminée; on retire le coke par la porte ménagée dans le front de l'appareil, et parfois on charge aussi, par cet orifice, le charbon à carboniser.

Dans l'un ou l'autre de ces fours, la carbonisation a d'abord lieu à la partie supérieure de la charge, puis elle descend successivement dans les couches inférieures jusqu'à la sôle. Mais l'opération ne pourrait se continuer sans l'admission d'une forte quantité d'air, durant une certaine période au moins de la carbonisation ; il en résulte que cette dernière ne s'achève qu'aux dépens de la combustion d'une proportion de coke que le charbon chargé aurait dû donner. Si l'on cherchait à s'opposer à cette admission de l'air dans l'intérieur du four, l'opération serait bientôt enrayée ; aussi remarque-t-on que la marche des fours est sujette à de grandes irrégularités, lorsque les conditions variables de l'état atmosphérique amènent un tirage imparfait. Dans ces circonstances, loin de se poursuivre comme à l'ordinaire, l'opération réclame parfois un jour de plus et même davantage pour se parfaire, et, si l'on décharge, on trouve que le coke présente un aspect qui en accuse la qualité inférieure et qui est due à du charbon incomplètement carbonisé. On est parvenu à corriger jusqu'à un certain point ce défaut capital en affectant à une série de fours une cheminée commune assez élevée ; mais on tombe alors dans un autre inconvénient. Il est, en effet, difficile de faire sentir l'influence de la cheminée dans tous les points d'une longue série de fours ; aussi l'ancien système prévaut-il encore dans certains cas.

On a reconnu que la disposition la plus convenable d'une série de fours à cheminée commune était celle qui présente une double ligne de vingt-quatre fours adossés, entre lesquels s'étend un carneau général allant à la cheminée établie au centre du massif. Mais, dans une telle disposition même, où le four extrême n'est séparé de la cheminée que par onze fours intermédiaires, on a constaté l'impossibilité de prévenir, d'une part, l'accélération de la marche du four le plus voisin de la cheminée, et, d'autre part, le ralentissement de la carbonisation dans celui qui en est le plus éloigné ; les fours intermédiaires

variant d'ailleurs dans leur régularité, suivant leurs positions respectives.

On admet que la carbonisation peut s'achever dans les fours du centre sans admission intentionnelle de l'air qui, dans les autres, peut pénétrer grâce à la fermeture incomplète des portes; mais le fait est que le tirage de la cheminée, s'exerçant avec sa plus grande intensité sur le four le plus proche, y entraîne par les joints imparfaits de la porte et de la maçonnerie, tant intérieure qu'extérieure, une certaine quantité d'air qui, pour être imperceptible, n'en est pas moins certaine, et chaque four demande apparemment d'autant plus d'air qu'il s'éloigne davantage de la cheminée.

Selon l'auteur, on a cherché, il y a quelques années, à la station du chemin de fer de Gloucester, à obvier à cet inconvénient en disposant en cercle, autour d'une cheminée centrale, une série de fours ordinaires; sans aucun doute, on a dû vaincre par là la difficulté relative au tirage; mais ce système a dû présenter d'autres inconvénients qui l'ont fait abandonner. Une telle disposition cependant constituerait certainement une amélioration importante, au moins en ce qui concerne la régularité du tirage; mais, appliquée à des fours de la nature de ceux que nous venons de décrire, elle entraînerait au sacrifice d'une bonne partie de terrain.

Le rendement des fours à coke ordinaires dépasse rarement 50 à 52 °/o.

Les expériences qui ont été faites pour généraliser l'adoption des fours à gaz ont appelé l'attention sur l'importance de l'emploi de la chaleur perdue des fours à coke ordinaires, pour venir en aide à la carbonisation elle-même. Tous les fours gazeux ont en effet un objet commun : faire circuler les gaz perdus soit sous la sôle seulement, soit sous la sôle et en même temps le long des parois et de la tête des fours, dans des conduits particuliers où ils sont brûlés par un appel d'air convenable. Ainsi qu'il était aisé de le prévoir, la carbonisation s'achève beaucoup plus tôt, et le rendement augmente considérablement, parce que la charge se trouve soustraite à l'action de l'air; mais l'usure et les dégradations qu'éprouvent ces fours

sont excessives. Dans ces circonstances, les frais d'entretien et de réparation ne s'élèvent pas à moins de 6 deniers (62 centimes) par tonne de coke produite. D'après l'auteur, un système de four récent et basé sur les mêmes principes ne semble pas devoir promettre pratiquement plus de succès, en raison des réparations fréquentes qu'exigent les carneaux sous la sôle.

La disposition de fours à coke qui forme le sujet du présent Mémoire, et dont l'invention est due à M. Henry Eaton, de Bordeaux, paraît devoir remplir plus complètement que les appareils ordinaires ou à sôle chauffée les conditions requises. Vers le milieu de l'an dernier, l'auteur ayant à décider du système de fours à adopter à sa houillère Tursdale, située dans le comté de Durham, se détermina, après un examen soigné des mérites relatifs des divers systèmes, à construire pour essai, dans sa fabrique de fer de Woodside, à Dudley, un massif de douze fours du système Eaton; son intention était non-seulement d'éprouver la valeur de ces fours dans le traitement du charbon du Nord; mais aussi de rechercher ce que pouvait donner le menu du Staffordshire dont on ne tirait aucun parti, et qui jusqu'alors avait été rejeté en quantités considérables. L'expérience fut couronnée d'un succès tellement complet qu'on adopta le système des fours Eaton à la houillère Tursdale, où l'on compte aujourd'hui deux ruches en activité et une troisième en construction, en même temps qu'on érigeait à Woodside une seconde qui marche depuis environ deux mois. Ces nouveaux fours sont représentés dans la planche 24. Les fig. 1 et 2 montrent une élévation générale et le plan d'une ruche; la fig. 3, une section plane faite à une échelle plus grande; les fig. 4 et 5 sont les sections longitudinale et transversale des fours. Ceux-ci, au nombre de douze, sont, ainsi que le font voir les fig. 1 et 2, disposés, autour d'une haute cheminée centrale, en un massif circulaire de 44 pieds ($13^{m},41$) de diamètre. On obtient par là un tirage uniforme pour tous les fours, et une égale régularité dans la formation du coke.

Chaque four A (fig. 3 et 4) s'ouvre à l'arrière par un carneau dans le régulateur B, d'où un second carneau plus étroit conduit à la cheminée C. La section de ce passage qui, à sa jonction

avec le four, est un carré de 18 pouces ($0^m,45$) de côté environ, se réduit à 7 pouces ($0^m,2$) au régulateur B et à 6 pouces ($0^m,15$) au pied de la cheminée.

Le régulateur B est une chambre rectangulaire recouverte d'une taque mobile perforée de trous, pour permettre à l'air de brûler les gaz dégagés dans l'opération. Quant à la cheminée, elle est carrée et divisée à sa base par des cloisons diagonales D (fig. 3) s'élevant un peu au-dessus des rampants, et dont l'effet est de répartir uniformément le tirage sur les douze fours que l'on a disposés par trois ou quatre séries. Les carneaux n'aboutissent pas à la cheminée au même niveau · celui du four central de chaque série s'élève au-dessus des rampants des fours latéraux, ce qui permet de réduire la section de la cheminée à sa base.

L'ouverture intérieure de la cheminée, à son sommet, est un carré de trois pieds ($0^m,90$); mais ces dimensions sont plus fortes qu'il n'est nécessaire, et 2 pieds 7 pouces ($0^m,78$) suffiraient. Le revêtement intérieur est en briques réfractaires sur une hauteur de 12 à 13 pieds ($3^m,60$ à $3^m,90$) à partir de la base, afin de protéger la maçonnerie ordinaire contre l'intensité de la combustion qui a lieu en cet endroit. On verra aussi que la disposition d'une cheminée centrale, et sa division à sa base par quatre cloisons de séparation, créent un tirage beaucoup plus uniforme dans chaque four de la ruche. Cette uniformité constitue l'un des éléments les plus importants parmi ceux qui assurent le succès de l'opération.

La cheminée et les fours reposent sur une fondation E (fig. 4) faite de cendres et de décombres secs, privés de toute matière combustible, parfaitement damée pour en assurer la solidité, et sur laquelle se trouve étendue, sur une hauteur de 9 pouces ($0^m,23$), une couche de béton. La ruche entière des fours est contenue par des murs en briques reliés par des tirants et des brides de fer; ces dernières, en embrassant les châssis des portes, les maintiennent en leur place.

Chaque four est recouvert d'une voûte que montre la coupe transversale figure 5, et dont chaque section est un arc du même cercle.

On a rencontré quelque difficulté à opérer le cintrage de la voûte de façon à en assurer la stabilité, mais on y est néanmoins parvenu d'une manière satisfaisante en agissant comme suit : Pour obtenir une exécution parfaite de l'intrados, il eût fallu que l'angle, suivant lequel la voûte repose sur les murs de séparation, variât en chacun des points de ces derniers en raison de leur divergence, puisqu'ils partent tous du centre du massif. Mais on a trouvé plus avantageux d'adopter d'un bout à l'autre un angle moyen et de couper les dernières briques des assises du boutissant de la voûte de chaque côté du four, de manière à les mettre proprement en place. Les autres rangées sont disposées suivant des plans parallèles à une ligne centrale passant par le milieu de chaque four, de sorte que ces plans, en s'étendant et se rapprochant du centre au fur et à mesure qu'ils s'éloignent de la partie oblique, finissent par laisser entre eux une bande parallèle à la longueur totale du four, et la voûte peut être facilement fermée. Le cintre étant fait de trois pièces mobiles, on peut l'enlever aisément par portions et le retirer par la porte du four.

Lorsqu'on ne fait usage que d'une seule qualité de charbon on en opère le chargement au moyen de waggons de 10 cwt (507k) roulant sur un chemin de fer circulaire F (fig. 4) établi sur la plate-forme de la ruche. Le chargement opéré, on retire la trémie G et l'on ferme l'ouverture correspondante au moyen d'une grande plaque lutée sur son pourtour, pour empêcher l'accès de l'air.

S'il est nécessaire de mélanger diverses qualités de charbon, il vaut ordinairement mieux de charger par la porte. Le plan (fig. 2) montre un massif dont une moitié est munie de l'appareil de chargement et dont l'autre en est privée.

Un regard ménagé à la partie supérieure de la porte de chaque four et que l'on bouche au moyen d'un petit tampon d'argile permet de suivre en tout temps les progrès de l'opération. La disposition radiale et divergente des cloisons de séparations des fours facilite beaucoup le déchargement du coke. Toutefois, avant de procéder à cette opération, on rafraichit le saumon de la manière suivante. Une conduite d'eau H, vue en section dans

la fig. 4, entoure le massif et présente des supports convenables auxquels viennent s'adapter des tuyaux élastiques. Ceux-ci sont terminés par un long tube qu'on introduit dans l'intérieur du four et que l'on meut pour asperger d'eau le saumon de coke obtenu.

Afin de faciliter la manœuvre de ce tube, ainsi que le travail des outils employés dans le défournement, on a établi une petite grue portative I, fig. 1, que deux hommes peuvent déplacer et qui porte un double crochet à rouleau (fig. 6), sur lesquels glissent aisément les ringards.

Pour mettre ces fours en marche, on commence par les dessécher, ce qui se fait à la manière ordinaire; cette opération prend de 4 à 6 jours à partir de la mise en feu. Lorsque la température est suffisamment élevée, on retire les cendres des fours n° 1, 4, 7 et 10, puis on leur met une première charge, en entretenant la chaleur dans les autres fours jusqu'à ce qu'ils soient chargés à leur tour. Le jour suivant, on agit de même pour les fours n°s 2, 5, 8 et 11, et, enfin, le troisième jour, on procède au chargement des fours restants, 3, 6, 9, 12. De cette manière, la chaleur des fours n°s 12 et 2 vient en aide à la carbonisation qui commence à s'effectuer dans le four intermédiaire n° 1; la même chose se reproduit pour les n°s 4, 7, 10, qui sont chacun entre deux fours portés à une haute température. Dès lors, les n°s 1, 4, 7 et 10 ont, pendant 24 heures, l'avantage de la chaleur adjacente, et comme ils ont acquis pendant ce temps une température suffisante, on peut opérer sans inconvénient, au second jour, le déchargement et le chargement à nouveau de la série des fours n°s 2, 5, 8 et 11 qui leur sont contigus. Les mêmes remarques sont applicables au chargement des fours effectué pendant le troisième jour, et où la carbonisation est facilitée par l'action de ceux qui ont été mis en train les deux jours précédents. Ceux-ci réagissent l'un sur l'autre pendant 24 heures, tandis que les fours du troisième jour sont avancés à un degré qui permet d'exécuter le jour suivant le défournement et le chargement à nouveau des n°s 1, 4, 7 et 10.

Dans l'application que l'on fait de ce nouveau système de

fours, au traitement du menu charbon du Staffordshire, on mêle ce dernier soit avec du menu bitumineux provenant du midi du pays de Galles, soit avec une portion plus faible de poix; cette addition est indispensable pour communiquer au menu du Staffordshire cette qualité collante dont l'absence avait rendu impossible la conversion en coke de ce combustible, dans tous les systèmes de fours employés auparavant. On obtient aujourd'hui, dans l'un et l'autre cas, cette propriété nécessaire, et l'on produit un coke en gros morceaux qui, pour les hauts-fourneaux notamment, présente une valeur particulière.

Le rendement régulièrement obtenu dans la première ruche de Woodside avec un mélange de 45 °/₀ de menu du Staffordshire et 55 °/₀ de menu bitumineux du pays de Galles, s'est élevé de 55 à 60 °/₀. Avec une charge composée de 75 °/₀ de menu du Staffordshire et 25 °/₀ de poix, on a eu 50 à 53 °/₀ de coke. Ces fluctuations dans le rendement proviennent de variations dans la qualité des menus traités, qui sont de localités différentes, et dont quelques-uns réclament, pour leur liaison, de plus fortes quantités de matières bitumineuses. Quand cette liaison n'est pas parfaite, le détournement donne lieu à des pertes notables.

Afin d'obvier à cet inconvénient on a entrepris récemment quelques expériences d'où il résulte qu'on obtient un rendement régulier de 60 à 65 °/₀ de coke, en traitant un mélange composé de 44 °/₀ de menu de Staffordshire, 44 de menu du pays de Galles et 12 °/₀ de poix.

Cependant les charbons qui contiennent une proportion de matières bitumineuses suffisante pour assurer la liaison du mélange, sont aussi, comme il est aisé de le supposer, ceux qui fournissent les meilleurs rendements. Telles sont les houilles bitumineuses ou collantes de Durham, de Newcastle et du pays de Galles sud, qui donnent régulièrement 67 1/2 à 70 °/₀ de coke, dans les fours du système Eaton. Ces résultats ont été obtenus avec les houilles provenant de Brithdir dans le sud du pays de Galles, ainsi que de Peace's West et de Tursdale, charbonnages du comté de Durham.

(La fin au prochain N°.)

REVUE

ÉCONOMIQUE, ADMINISTRATIVE ET JURIDIQUE

DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE FRANÇAISES,

PAR

L. SIMONIN,

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES.

I.

PARTIE ÉCONOMIQUE.

Insuffisance, sur quelques chemins de fer, du matériel destiné aux transports. — Utilité d'une voie ferrée littorale de Cette à Marseille. — Adjudication de nouvelles lignes. — Nécessité d'un abaissement des frêts par navires français. — Les voies de communication et la commission du budget.

Nous avons montré dans notre précédent article (voir le nº de la *Revue universelle* mars et avril 1862) combien il y avait encore à faire en France pour donner satisfaction à nos mines et à nos usines en ce qui concerne l'économie et la facilité des transports. Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons déjà écrit à ce sujet, surtout pour ce qui a trait à la nécessité d'une réduction des tarifs sur les chemins de fer, l'amélioration des rivières et canaux, la création de nouvelles voies navigables, la suppression des droits de navigation intérieure. Ces premiers points ont été traités d'une manière complète; nos lecteurs, sans doute, ont accepté nos conclusions, et il nous faut maintenant,

examinant toujours la question des transports, porter notre attention sur des sujets que nous n'avons pas encore touchés.

En premier lieu, signalons l'insuffisance du nombre de nos chemins de fer, du matériel destiné au transport des houilles. Cette insuffisance s'est fait surtout sentir sur la ligne de Paris à Lyon et la Méditerranée, l'une des plus importantes de notre réseau. Les bassins houillers que dessert cette ligne, ceux de la Loire et de Saône-et-Loire, les plus productifs de la France avec le bassin du Nord, ont manqué de waggons pendant plus de quatre mois sur la fin de l'année dernière. Il en est résulté une diminution notable dans la production des mines lésées et par suite un grand état de gêne pour la population ouvrière attachée à ces mines. Les grandes usines qui comptaient sur leur approvisionnement régulier en combustible, n'ont pas eu moins à souffrir, et de toutes parts les plaintes se sont produites.

On conçoit qu'un tel état de choses appelle la sollicitude de l'État. Malheureusement le remède ne paraît pas se trouver ici où on le cherche et ce n'est pas en forçant les compagnies des chemins de fer à augmenter leur matériel roulant, à tenir toujours un certain nombre de waggons à la disposition des producteurs ou des expéditeurs de charbon, en défendant enfin à ces compagnies d'user envers qui que ce soit d'aucun passe-droit, d'aucune faveur ou préférence, que l'on pourra conjurer le mal. Ce n'est pas davantage en forçant les exploitants de houille à avoir chacun leur matériel, ce qui est pratiquement impossible, vu les grandes distances auxquelles la houille est transportée en France et la grande variation des poids transportés avec diverses saisons de l'année.

Si donc le remède ne se trouve, ni dans les compagnies de chemins de fer, ni chez les grands producteurs de charbon, où donc existe-t-il réellement? Nous devons, sur ce point comme sur beaucoup d'autres, aller demander des inspirations à nos voisins les Anglais qui sont certainement nos maîtres, avouons-le entre nous, en industrie aussi bien qu'en politique. Eh bien! en Angleterre, la multiplicité des lignes de chemins de fer est telle que partout elles se croisent ou marchent parallèlement. Les canaux vont aussi de compagnie avec elles, et sur les plus

petits districts industriels nous avons vu ainsi les voies de transport se faire utilement une continuelle concurrence.

Par suite, l'alimentation des usines est assurée, le monopole des grandes compagnies de chemin de fer tombe, ou du moins les inconvénients en disparaissent complètement; enfin, plus d'abus, plus d'arbitraires dans les tarifs, par suite de la facilité qu'ont tous les industriels de s'adresser, sur le même point, à tant de compagnies rivales.

Sans doute, on nous répondra, et la remarque en a déjà été faite bien souvent, qu'en Angleterre, après tout, les frais de transport des matières premières, notamment de la houille, sont aussi élevés qu'en France, sinon plus chers. L'observation est juste et nul ne peut la contredire, mais en Angleterre les parcours sont de beaucoup moins longs qu'en France et partant, si les prix de transport rapportés à l'unité de distance sont souvent plus élevés que chez nous, la somme totale à payer est moindre dans tous les cas; si bien que, comme le fait observer fort judicieusement M. Burat, la question des transports, qui reste secondaire en Angleterre, devient en France une question vitale (1). Les Anglais ont aussi l'avantage de n'avoir pas adopté exclusivement des tarifs proportionnels, c'est-à-dire que le prix du tonnage ne reste pas le même pour l'unité de distance, quelle que soit la quantité transportée; ce prix peut décroître à mesure qu'augmente la quantité que l'expéditeur s'engage à fournir dans un temps donné. Ces tarifs peuvent aussi varier suivant les distances parcourues, enfin des traités particuliers peuvent être conclus entre les compagnies et les expéditeurs, sans que l'État ait rien à y voir.

Chez nos voisins, c'est toujours la liberté qui domine, chez nous, toujours la réglementation. Grâce à la centralisation qui nous régit et qui passe de plus en plus dans nos mœurs, sans que nous paraissions nous en douter, le Gouvernement, dont à chaque instant nous réclamons la tutelle, croit bien faire en venant largement à notre aide et, par une protection trop efficace, n'apporte toujours que des entraves aux forces productives du pays.

---

(1) *Situation de l'industrie houillère en* 1861. Paris, LACROIX, 1862.

Nous avons dit qu'en Angleterre les lignes de chemins de fer se croisaient, marchaient parallèles, au grand avantage des compagnies, des producteurs et des expéditeurs. En France, il n'en est pas de même, une ligne concédée est une arche sainte à laquelle non-seulement il n'est pas permis de toucher, mais encore qui ne souffre aucun profane à une distance donnée. C'est le cercle de Popilius, c'est la ligne de ce roi du Nord qui disait à la mer, en délimitant son rivage : tu n'iras pas plus loin.

Ces réflexions nous sont suggérées par le souvenir d'une discussion qui a eu, il y a un mois à peine, un si grand retentissement dans la presse parisienne et de là en France et dans toute l'Europe. Nous voulons parler de la fameuse querelle entre la ligne du Midi et celle de Paris-Lyon-Méditerranée. On a vu avec quelle ardeur le chef de la ligne de Lyon s'est opposé à l'établissement d'une gare rivale à Marseille. Selon lui, la Compagnie de Lyon seule avait le droit de desservir ce port de mer. Son concurrent n'avait-il pas assez du port de Cette? et puis, son tracé manquait de bon sens. Aller passer par les embouchures du Rhône, desservir la Camargue, c'était courir vers des contrées où le transit était nul. Les immenses tourbières de Fos, les nombreuses salines du littoral, les grandes fabriques de produits chimiques disséminées autour de l'Etang de Berre, depuis le commencement de ce siècle, et les premières où l'on ait mis en usage l'ingénieux procédé de Leblanc pour la production de la soude, tout cela n'existe pas pour la ligne de Lyon. Les usines métallurgiques de Port-de-Bouc, de Caronte, où l'on a cru un moment pouvoir faire concurrence à Swansea, et M. Leplay lui-même fut de cet avis, n'existent pas davantage pour le chemin de fer de Lyon. Et cependant, si ces usines ont été jusqu'ici soumises à une marche douteuse, chancelante, pleine d'arrêts, ce n'a été que faute de moyens de transports économiques que le canal d'Arle à Bouc, le port inhospitalier de Bouc et le canal encore trop étroit, ou du moins trop peu profond, de Caronte n'ont pu encore leur procurer. Si un chemin de fer traverse un jour ces contrées industrielles, si les charbons des bassins de Graissessac et de Roujan, dans l'Hérault, y sont transportés à bas prix, qui peut dire à quel

degré de prospérité atteindra ce petit coin de notre Midi ? Il est admirablement placé pour concentrer sur le bord de la mer le traitement de tous les minerais si riches du bassin méditerranéen : ceux de fer de l'île d'Elbe, de la Toscane, de l'Espagne, de la Corse, de la Sardaigne et de l'Afrique; ceux de plomb et d'argent, ceux de cuivre, de zinc et de mercure des mêmes contrées. C'est non-seulement à Swansea, mais encore au Pays de Galles tout entier auxquels nous pouvons faire concurrence chez nous, et quoi qu'en dise une certaine école d'économistes, il est bon, par le temps qui court, qu'un pays se suffise à lui-même, au moins dans la grande fabrication industrielle. Quand le chemin de fer de Cette à Marseille, tracé le long du littoral, sera construit, quand les embouchures du Rhône auront été améliorées, ou plutôt quand le canal de St-Louis aura ouvert une voie navigable constamment abordable, la Camargue sera transformée, et au lieu d'être une simple région agricole comme elle l'est aujourd'hui, elle deviendra aussi une région industrielle des plus importantes, où des grandes usines élaboreront à bon marché, non-seulement la fonte, le fer et l'acier, mais encore les autres métaux usuels, notamment le cuivre que la France ne produit pas, se bornant à raffiner des produits étrangers, et le plomb qu'elle fournit en si petite quantité.

En Angleterre, aux États-Unis, de pareilles questions eussent été vite comprises et il y a longtemps qu'un chemin de fer direct unirait Cette à Marseille, car, outre l'utilité industrielle que nous venons de faire connaître, ce chemin offre aussi une utilité commerciale et politique que l'on ne saurait passer sous silence. La nouvelle voie n'unirait-elle pas l'Océan à la Méditerranée d'une manière encore plus profitable que le canal de Riquet, ne traverserait-elle pas cette région de l'Etang de Berre, où Napoléon entrevit un moment la possibilité d'abriter tout une flotte et de créer une ville dont il eût fait la reine de la Méditerranée. Sans vouloir donner suite à ces rêves qui pourraient bien toutefois devenir un jour des réalités, signalons de nouveau l'heureuse situation de Bouc, comme futur centre métallurgique du bassin méditerranéen, et faisons des vœux pour

que la question toujours pendante de la ligne de Cette à Marseille soit résolue en faveur de la Compagnie du Midi, pour laquelle, du reste, s'est prononcée toute l'opinion publique avec un si remarquable élan. Si la ligne de Lyon tient à construire de nouvelles voies, elle peut entreprendre parallèlement au Rhône une deuxième ligne de Lyon à la Méditerranée. Les centres industriels qu'elle traversera produisent le fer et la houille, et une matière de grande utilité aussi : la soie. Ces régions, jusqu'ici abandonnées de voies ferrées, béniront la Compagnie qui sera venue en aide à leurs intérêts et tout ira pour le mieux à la satisfaction générale. En temps de disette, on ne verra plus le pays douter un moment de son alimentation; on ne verra pas non plus le transport des blés arrêter, faute d'un matériel suffisant ou de voies assez nombreuses, le transport de la houille, et créer ainsi un mal pour en prévenir un autre.

Si nous n'avons pas encore à annoncer à nos lecteurs la bonne nouvelle de l'établissement de ces grandes lignes, au moins pourrons-nous donner ici connaissance de la prochaine adjudication de trois nouvelles lignes de chemins de fer.

1° Celle de Napoléon-Vendée à la Rochelle, Rochefort, Saintes et Angoulême.

2° Celle de Libourne à Bergerac.

3° Celle de Dunkerque à la frontière belge.

La dernière de ces lignes manquait jusqu'ici au département du Nord, le plus industriel de tous les départements de la France, après celui de la Seine; les deux autres lignes, en favorisant le transport des combustibles minéraux sur des points où jusqu'ici ils ont eu peu d'accès, développeront l'exploitation des bassins houillers de la Basse-Loire d'une part, et de la Corrèze de l'autre.

Ajoutons à la mention de ces concessions prochaines celle de la double concession faite tout récemment à la Compagnie du Nord, par S. Exc. le ministre des travaux publics :

1° Du chemin de fer de Lille à Tournai, qui met le chef-lieu du département du Nord en relation plus directe avec le réseau ferré et surtout avec les houillères belges.

2° Du chemin de fer de Valenciennes à Landrecis, Avesnes et Hirson, premier tronçon qui sera la tête de ligne de la grande voie devant relier plus tard Lille à Strasbourg.

Terminons ces nouvelles sur les voies ferrées en rappelant que la Chambre de commerce de Bordeaux a émis non-seulement un avis favorable sur le chemin de fer de Cette à Marseille, mais encore sur celui de Montpellier à Rhodez, qui intéresse à un si haut point le riche bassin houiller d'Aubin et de Cazeville. Il est à désirer que cet embranchement soit aussi bientôt concédé.

Comme on le voit, l'achèvement de notre réseau et la création de lignes nouvelles font tous les jours quelques progrès; mais il faut que ces progrès soient encore plus rapides, car il y a urgence à ce que nos houillères soient promptement mises en relation avec tous nos principaux centres de consommation : usines métallurgiques, fabriques, manufactures, grands ateliers.

Mais la France n'est pas seulement un pays où les transports s'exécutent par terre. Les fleuves, les rivières, les canaux, dont nous avons déjà parlé, réclament les mêmes améliorations que les chemins de fer, et ici malheureusement le progrès marche plus lentement encore. Enfin, la France, baignée de trois côtés par la mer au nord, à l'ouest et au midi, a aussi le plus grand intérêt à ce que les transports maritimes soient pour elle le moins onéreux possible; et l'enquête sur la marine marchande, ouverte à cette heure auprès des Chambres de commerce par M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, nous offre une occasion naturelle d'aborder cette question. Espérons que de cette longue enquête sortiront enfin des mesures favorables à notre navigation maritime.

Les frêts sur nos navires sont encore fort élevés ; il en est de même des armements; enfin nos bâtiments coûtent plus cher que ceux des autres nations, toutes causes qui augmentent encore le prix du frêt. Une protection plus libérale accordée à nos ports de mer, des facilités plus grandes données à nos grands constructeurs de navires rétabliront, il faut l'espérer, l'équilibre. Nos mines, si riches et jusqu'ici si peu exploitées, de la Corse et

de l'Algérie, mines de fer, de cuivre, de plomb, d'argent, de mercure, de zinc et d'antimoine, mines même de charbon en Corse, peuvent invoquer, entre autres raisons, à l'appui de leur état si peu prospère, si languissant, la cherté des transports par navires français. Nous disons entre autres raisons, car la manière lente et pénible dont s'instruisent les demandes en concession de mines et en autorisation d'usines métallurgiques, inconvénient sur lequel nous nous sommes déjà suffisamment étendu dans notre précédent article, la difficulté de transport intérieur plus grande encore en Corse et en Algérie que sur le continent français, enfin l'extrême cherté des combustibles, surtout de la houille, sont autant de nouveaux motifs qui paralysent tout essor de nos industriels dans les deux pays précédemment cités.

Si tant d'entraves disparaissent enfin, les ports de Bouc et de Marseille, en traitant les minerais méditerranéens, ceux de la colonie et des départements français, comme ceux de tous les autres pays bordés par la mer intérieure, arriveront à un état de prospérité métallurgique auquel ils ont vainement jusqu'ici essayé d'atteindre. Mais là ne se bornera pas le progrès pour la France, car les ports de l'Atlantique et de la Manche, notamment ceux de Bordeaux, Nantes et le Hâvre, en relations suivies avec le Chili, en traiteront les minerais de cuivre et d'argent qu'ils pourront apporter à bas prix, et ne se borneront pas à raffiner simplement, comme aujourd'hui, les cuivres noirs ou rouges et les cuivres rosettes qu'expédie la lointaine république.

Du côté de nos transports maritimes, comme du côté de nos transports par voies ferrées ou fluviales, il y a donc d'égales améliorations à poursuivre, et l'on y arrivera certainement, surtout pour les transports maritimes, par des mesures de liberté tempérée, s'il est nécessaire, par une intelligente protection, plutôt que par une réglementation sévère qui ne fait l'affaire que d'un petit nombre et froisse toujours l'intérêt public.

Disons tout de suite que la commission législative chargée de préparer le projet de loi relatif au budget du prochain exercice s'est montrée très-favorable au développement de nos voies de

communication de toute espèce, qui intéresse à un si haut point et nos exploitants de mines et nos métallurgistes.

Une part assez large, que malheureusement on a été obligé de rogner un peu, par ce temps d'économie qui court, a été faite à nos travaux publics, et voici en quels termes s'explique là-dessus la commission législative.

Nous extrayons ce qu'on va lire de son rapport publié par le *Moniteur*.

« Dire que les grands travaux d'utilité publique, et particulièrement l'établissement des chemins de fer, sont une des questions les plus vitales, une des préoccupations les plus instantes du pays, c'est ne proclamer qu'une vérité banale. Nous savons tous quels sont les besoins, quelles sont les attentes des populations, et combien importent à l'activité, comme à la richesse du pays, ces voies de communication rapides, économiques, qui ne sont pas seulement des agents matériels, désormais indispensables, mais des propagateurs de la civilisation et du progrès. Nous savons tous le rôle des routes, des fleuves, des canaux, des ports, dans la vie de notre industrie, de notre commerce et de notre agriculture; et le programme du 5 janvier 1860, comme les nécessités du traité de commerce, sont présents à nos esprits. Nous nous rappelons l'accueil unanime fait à la loi du 2 juillet 1861, et les promesses qu'elle renfermait aussi bien que les espérances qu'elle a fait naitre. Nous avons donc cru répondre au vœu de la Chambre et du pays en conservant aussi intacte que possible la dotation des grands travaux d'utilité publique. D'ailleurs, l'œuvre des Compagnies doit se continuer, et nous recommandons plus que jamais au gouvernement de veiller strictement à ce que les lignes concédées soient exécutées dans les délais fixés. »

Nous ne pouvions terminer plus heureusement que par cette citation le premier paragraphe de notre revue, tout entier consacré aujourd'hui à la question économique des transports.

II.

PARTIE ADMINISTRATIVE ET STATISTIQUE.

Situation de l'industrie houillère en France de 1853 à 1861. — Production et consommation. — Importation et exportation. — Admission de houilles françaises dans les fournitures de la marine impériale. — Production du minerai de fer. — Fabrication de la fonte et du fer. — Autres métaux — Notre infériorité dans leur production.

L'administration des mines s'étant enfin décidée à publier, dans le dernier trimestre de 1861, *le Résumé des travaux statistiques* qu'elle nous promettait depuis 1854 (mieux vaut tard que jamais), nous allons jeter un coup d'œil sur cet intéressant et volumineux document.

Ce résumé donne, pour les sept années de 1853 à 1860, tout le détail du mouvement des industries minière et métallurgique et il est curieux à consulter à plus d'un titre. Nous n'aurons rien perdu pour attendre, et étudiant les sept années à la fois, nous pourrons faire d'utiles comparaisons.

Résumant d'abord les faits relatifs à l'industrie houillère, nous voyons que le nombre de mines exploitées est toujours allé croissant depuis 1852. La production houillère jusqu'en 1857 a marché dans la même proportion et les années 1856 et 1857 ont été même fort brillantes (près de 8 millions de tonnes.). L'extraction de nos houillères fut alors encouragée par l'élévation des frêts maritimes occasionnée par la guerre d'Orient et repoussant les houilles étrangères de nos marchés intérieurs. Dans ces deux années, et même dès 1854, les prix atteignirent des proportions inusitées et nous nous rappelons qu'au plus fort de la guerre d'Orient, à Marseille, où la consommation du charbon arrivait alors à près de 900 tonnes par jour, chiffre bien dépassé maintenant, les prix de la houille étaient cotés à 60 et 70 fr. la tonne et le prix du coke monta un moment jusqu'à 100 fr.!

En 1858 et 1859 la production des houillères françaises s'est abaissée au chiffre qu'elle atteignait en 1855, soit près de 7 1/2 millions de tonnes; mais elle n'a pas tardé à remonter bien vite et d'après l'exposé sur la situation de l'empire, présenté au Corps législatif à l'ouverture de la session de 1862, la production dans les années qui viennent de s'écouler aurait été :

En 1860 de plus de 8 millions de tonnes.

En 1861 de près de 8 1/2 » »

En dix ans la production a presque doublé en France, car elle atteignait à peine, en 1851, 4 1/2 millions de tonneaux (1).

De ces chiffres il résulte deux faits : premièrement, que la prospérité industrielle de la France va toujours croissant; secondement, que la prédiction d'une complète invasion des houilles étrangères, faite par les adversaires du traité de commerce, ne s'est pas réalisée, et qu'au contraire, nos houillères ont toujours fourni pour une part plus large à la consommation intérieure.

Cette consommation est allée toujours croissant depuis 1852. Elle a seulement un peu fléchi en 1858, où elle est retournée au chiffre de 56; en 1859, elle a atteint 13 millions de tonnes, ou à très-peu près le chiffre de 57; mais dès 1860, d'après l'exposé de la situation de l'Empire cité plus haut, elle est arrivée à 14 millions de tonnes et en 1861 à 15 millions.

Sur le chiffre de la consommation totale, la quantité fournie par l'importation entre pour un peu moins de la moitié (6 1/2 contre 8 1/2 en 1861), et cette importation est le lot de la Belgique, de la Prusse et de l'Angleterre, la première fournissant un peu moins des trois cinquièmes, les deux autres chacune un cinquième à peu près.

Quant à l'exportation de nos houilles elle est insignifiante, ne diminuant que très-peu l'apport de notre production dans la

(1) En recherchant la loi en vertu de laquelle progresse la production houillère en France, on reconnaît que depuis 1811 la production a doublé environ tous les 13 ans. La consommation a marché plus vite encore et de 1817 à 1857, elle a décuplé. Ces utiles renseignements nous sont fournis par les tableaux statistiques publiés par l'administration des mines.

consommation intérieure totale. Ainsi, en 1859, l'exportation n'a pas dépassé 178,000 tonnes, un peu plus du centième de la consommation. Les seuls bassins qui ont pris part à l'exportation ont été ceux de la Loire, du Nord, du Gard, de Ronchamp et de l'Isère. Les pays frontières de l'Est, les contrées baignées par la Méditerranée sont les points vers lesquels s'est dirigée cette exportation.

Dans tous les cas, ce qui sort de chez nous en charbons indigènes n'est qu'une quantité minime en comparaison de ce qui y entre en charbons étrangers, et le rêve de beaucoup d'économistes d'équilibrer notre consommation par notre production sera longtemps avant d'être réalisé.

Il est à remarquer que seule l'importation du combustible a toujours été croissant en France, alors que notre production et notre consommation subissaient un abaissement en 1858 et 1859. De plus, le déficit entre la production et la consommation est toujours allé aussi en croissant, de telle sorte que l'augmentation de notre production n'a jamais répondu à l'augmentation de la consommation. Les facilités, le bas prix des importations étrangères et les difficultés de toutes sortes qui grèvent les transports intérieurs compriment la production indigène, l'empêcheront de longtemps de suffire à tous les besoins du pays; mais il faut espérer que si jamais une guerre européenne nous privait de l'appoint que nous tirons de l'étranger pour les nécessités de notre industrie nationale, la France, dans un de ces élans énergiques dont elle a déjà donné tant de preuves, saurait se suffire à elle-même comme dans les grandes guerres de la première république, où elle put tirer à la fois de son sol le plomb qu'elle n'exploitait plus, le salpêtre qu'elle n'avait jamais exploité, la soude dont le beau procédé de Leblanc, que la nécessité fit découvrir, dota le pays d'une fabrication nouvelle et fit à jamais disparaître le monopole des *barilles* espagnoles.

La consommation de la houille en France a été étudiée dans le *Résumé des travaux statistiques*, au point de vue du genre d'emploi ou mieux des établissements qui font usage de combustible minéral. En première ligne se présentent les usines, les ateliers industriels, les manufactures, la fabrication du gaz

qui réclament à peu près les deux tiers du chiffre de la consommation totale; puis vient l'économie domestique, le chauffage des habitations et établissements publics pour le sixième environ de ce chiffre; les chemins de fer et la navigation pour un peu plus du dixième; enfin les mines, minières et carrières pour le trentième seulement.

Toutes les variétés de charbon minéral, les anthracites, les houilles sèches, collantes, grasses, maigres, enfin les lignites et les tourbes (1) se retrouvent dans les bassins français, mais les variétés qui dominent sont les houilles grasses et maigres, justement celles dont l'industrie fait le plus grand emploi. Elles forment plus des deux cinquièmes de la production.

Le prix moyen de vente de toutes ces variétés a été, en 1861, d'après l'exposition de la situation de l'empire, de 10fr,10 la tonne sur le carreau des mines. Le prix était de 11 à 12 fr. dans les années précédentes.

Le nombre des ouvriers employés a toujours été naturellement croissant avec la production, il atteint aujourd'hui le chiffre de 60,000, et le salaire moyen de la journée de travail est de près de 3 fr.

Nous ne voulons pas terminer ce qui a trait à notre situation houillère sans annoncer une bonne nouvelle à nos lecteurs, que la plupart sans doute connaissent déjà, c'est celle de l'admission de nos houilles dans les fournitures de la marine impériale. Le Comité des houillères français, dont les publications ont toujours défendu la production nationale, n'a pas été sans doute étranger à l'adoption de cette mesure, car il avait depuis longtemps signalé le mal. Voici comment M. Burat, dans la dernière publication du Comité, résume la question.

---

(1) Il est juste de n'oublier personne, et les humbles ont droit à une mention comme les grands. A ce titre, rappelons que le chiffre de production de nos tourbières a été en 1859 de 360,000 tonnes pour tous nos départements producteurs réunis, la Somme et le Pas de Calais en tête. Malheureusement l'extraction a toujours été décroissante depuis 1853 où elle atteignait 492,000 tonnes.

Nous ne saurions mieux faire que de lui céder la parole sur un sujet qu'il connaît si bien :

« On sait, dit-il, quels préjugés ont existé et existent encore chez beaucoup de consommateurs contre les houilles françaises et en faveur des houilles anglaises. Ces préjugés sont tels que nos charbons sont encore repoussés dans certaines adjudications (notamment celles de l'assistance publique) pour lesquelles on prescrit que les fournitures devront avoir lieu en charbons étrangers, anglais ou belges.

» L'administration de la marine impériale a longtemps partagé ces préventions; elle donnait la préférence aux charbons anglais d'une manière exclusive, et les tableaux des douanes des dernières années accusent une moyenne de 140,000 tonnes admises annuellement pour cet usage.

» Telle était la situation lorsque la guerre d'Italie, en faisant entrevoir que la houille serait, dans certains cas, considérée comme contrebande de guerre, fit surgir la pensée que la marine pouvait s'alimenter par les houilles françaises; qu'il y avait lieu de procéder à des essais dans le but d'affranchir la marine impériale d'une dépendance regrettable, et de réserver aux établissements nationaux des fournitures qui pouvaient en même temps encourager leur développement.

» L'accomplissement de cette pensée nationale fut confiée, par le ministre, à des officiers qui se sont dévoués à une tâche difficile. Ils avaient à combattre des habitudes prises et des préjugés qui existaient d'une manière à peu près générale dans les ports. Il fallait, disait-on, pour employer les houilles françaises, changer les grilles, changer même les chaudières des navires; le personnel des chauffeurs ne pourrait suffire au service; la vitesse et la régularité en souffriraient, les charbons français n'ayant ni le pouvoir calorifique, ni la pureté, ni la cohésion des charbons de Newcastle ou de Cardiff.

» Des essais multipliés furent entrepris à Toulon, à Lorient, à Indret, à Brest, à Cherbourg, etc..., d'abord à terre avec des chaudières spéciales, puis sur des bâtiments de transport, puis enfin sur les paquebots et sur tous les bâtiments de la flotte.

» Le résultat de ces essais fut tel que depuis dix-huit mois la

marine française n'a plus acheté de houille en Angleterre, et qu'elle a constamment marché avec les charbons des houillères françaises.

» Ce fait est de la plus grande importance.

» Il a démontré, sans que nous ayons à entrer dans le détail de ces nombreux essais, que la France possède en charbons de grille, des qualités comparables, sous tous les rapports, à ceux de Newcastle et de Cardiff, et beaucoup d'autres qui, sans les égaler tout-à-fait, peuvent facilement les suppléer. Ils ont encore démontré que pour l'usage des ateliers, les houilles de forge et les houilles à coke de la Loire avaient une supériorité marquée sur les houilles anglaises similaires.

» Enfin le service par les charbons français est aujourd'hui tellement complet, que les dépôts de la marine dans les ports de nos colonies et de l'étranger sont exclusivement approvisionnés comme les ports de la France elle-même.

» La marine consomme aujourd'hui, en temps de paix, environ 170,000 tonnes de charbon.

» Les houilles françaises étant en général d'un prix plus élevé que les houilles anglaises, on peut croire que le service actuel est très-onéreux comparativement à l'ancien système.

» Cela est vrai pour les ports de la Manche et de l'Océan, qui s'approvisionnaient au prix moyen de 28 francs la tonne, tandis que les charbons français transportés par chemins de fer leur sont revenus de 45 à 48 francs.

» Mais cette différence sera diminuée lorsque les transports des charbons du Nord et du Pas-de-Calais auront pu être organisés par Dunkerque, et par le cabotage sur Cherbourg et Brest. Ces charbons ne reviendront pas alors à plus de 35 francs.

» De plus, la perte qui résulte de ce service pour l'État est plus que compensée par le meilleur marché des charbons français dans les ports de la Méditerranée. Ainsi, le prix moyen des charbons français livrés à Toulon n'a été que de 31 fr. 50 c., tandis que le prix moyen des charbons anglais avait été de 48 fr. la tonne.

» C'est une différence de 16 à 17 francs par tonne. Or, le port de Toulon consomme à lui seul plus de la moitié des charbons

nécessaires à la marine, c'est-à-dire 80,000 tonnes; l'économie a donc été de 13 à 14 cent mille francs.

» C'est une somme suffisante pour compenser la perte faite sur environ 70,000 tonnes consommées par les ports de la Manche et de la Méditerranée.

» En résumé, les opérations de la marine impériale ont été conduites de telle sorte que le service fait en 1861, par des charbons exclusivement français, n'a pas été plus coûteux que le service des années précédentes pendant lesquelles on ne consommait que des charbons anglais.

» Ce point important une fois acquis, est-il bien certain que le service ait été aussi satisfaisant, c'est-à-dire aussi sûr et rapide qu'à l'époque où ce service était fait par les charbons anglais? Sous ce rapport, les expériences faites ne laissent aucun doute.

» La régularité et la rapidité de la marche dépendent du pouvoir calorifique des charbons employés, et l'on admettait que celui des charbons anglais était supérieur. Ainsi, les essais pratiqués à Toulon accusaient pour les quantités d'eau vaporisées par kilogramme de charbon brûlé :

Cardiff.	9 litres	95
Newcastle.	7	85
Sunderland	7	00

quantités qui ont souvent effrayé les exploitants français et les ont empêchés de se présenter en concurrence. Mais, d'une part, la chaudière d'essai dont on fait usage à Toulon est très-favorablement disposée pour les essais; d'autre part, les essais faits sur les charbons français qui se sont présentés au port de Toulon ont démontré que les bassins de la Loire et de Graissessac pouvaient fournir des charbons comparables à ceux de Cardiff, et que le bassin du Gard renfermait des qualités analogues à celles de Newcastle et de Sunderland. Les chiffres de vaporisation précités ont également été atteints et même dépassés par des charbons agglomérés, fabriqués avec des menus lavés.

» Les ports de l'Océan ont été alimentés en 1861 par les charbons de l'Aveyron livrés à Bordeaux, et par ceux de la Loire, de Saône-et-Loire et de l'Allier livrés à Nantes. Par les

soins de l'administration des ponts et chaussées, le canal de Nantes à Brest, longtemps abandonné, a été remis en état de navigation, et ce canal sert aujourd'hui non-seulement au transport des charbons à Lorient et à Brest, mais aux transports des engrais, des bois, de la chaux et des matériaux de construction, dont le commerce s'est ranimé dès que la navigation a été remise en activité.

» Dans un avenir prochain, le chemin de fer atteindra les houillères d'Ahun et livrera sur le marché de Rochefort des charbons français à des prix peu différents de ceux des houilles anglaises.

» Les charbons livrés dans les ports de l'Océan par les houillères de la Loire, de Saône-et-Loire et de l'Allier, ont été comparés aux bonnes moyennes de Newcastle et de Sunderland, et ont imprimé à toutes les parties du service les vitesses auxquelles on était habitué (1).

» S'il y a eu quelques tâtonnements, s'il s'est produit quelques réclamations basées sur la nature un peu friable ou parfois impure de quelques livraisons, ces faits, qui se produisaient aussi sous le régime des charbons anglais, ont été exceptionnels et disparaîtront par les précautions spéciales qui ont été prises depuis et par l'emploi des charbons agglomérés qui présentent plus de cohésion, de pureté et de régularité que les charbons ordinaires.

» Enfin, les ports de la Manche ont reçu des houillères du

---

(1) En confirmation des assertions de M. Burat, qu'on nous permette de citer l'extrait suivant du *Courrier de Lorient*, que nous trouvons dans *le Constitutionnel* du 16 juin 1862.

« Le charbon français a complètement remplacé le charbon anglais dans la marine de l'État. Notre port reçoit chaque jour plusieurs chalands de combustible des mines de la Loire, qui arrivent par les canaux et les rivières jusqu'à Lorient, sans avoir recours au transbordement. Ainsi, le problème tant controversé de l'approvisionnement de notre marine est résolu à l'avantage des charbons français qui peuvent, avec quelques modifications dans les appareils de chauffage, remplacer dans toutes les conditions le combustible que nous tirions d'Angleterre. »

Nord et du Pas-de-Calais des charbons qui ne le cèdent sous aucun rapport aux meilleures qualités du pays de Galles.

» L'ensemble des résultats obtenus par la flotte et les arsenaux, depuis dix-huit mois que leur alimentation est fournie par les houillères françaises, n'a laissé subsister aucun doute. Grâce aux efforts soutenus de l'administration de la marine, tous les préjugés sont donc effacés, et nos houillères assurent les services du pays, quelles que soient les éventualités de l'avenir.

» Un pareil résultat si peu connu, et l'on peut dire si peu attendu, est un succès doublement heureux pour l'administration de la marine qui sut l'organiser, et pour les houillères françaises qui y participent.

» La marine transforme successivement ses bâtiments à voiles en bateaux à vapeur, et l'on prévoit l'époque assez prochaine où ses consommations exigeront 200 et 300,000 tonnes de charbon. Dès à présent, on peut dire que les houillères françaises sont prêtes à livrer ces quantités, et qu'elles se disputent l'honneur des livraisons, quelquefois un peu stérile au point de vue financier, mais qu'elles savent apprécier comme une recommandation acquise auprès de toutes les autres clientèles.

» La marine impériale a encore rendu un autre service aux houillères françaises, elle a su mettre en évidence le parti que la navigation peut tirer des charbons agglomérés, et elle a indiqué aux exploitants comment ces agglomérés devaient être fabriqués.

» L'usage des agglomérés s'est rapidement développé pour le chauffage des locomotives, et paraissait, au contraire, devoir être très limité pour la navigation. Les premiers essais faits par la marine impériale étaient peu favorables; les équipages avaient été incommodés par l'odeur que répandaient ces agglomérés, chauffés à 60 et 80 degrés dans les soutes, et cette odeur, qui se propageait dans toutes les parties des navires, avait même déterminé des passagers à se faire mettre à terre. Enfin, dans plusieurs circonstances, les briquettes ramollies s'étaient collées entre elles et ne formaient plus dans les soutes qu'une masse impossible à dégager.

» De pareilles expériences devaient avoir pour résultat une grande défiance pour les charbons agglomérés. L'administration de la marine a, dès lors, fait remarquer aux exploitants que l'on pouvait fabriquer les agglomérés non plus avec des brais gras, c'est-à-dire contenant encore une partie des huiles lourdes du goudron, mais avec des brais secs, moins fusibles et à peu de chose près dépourvus d'odeur : elle en fit même préparer avec des résines.

» L'expérience de la marine a démontré la nécessité de n'employer que des brais secs ou des résines pour la fabrication des agglomérés qui lui sont destinés. L'industrie pouvait se trouver embarrassée pour la fabrication de ces agglomérés, en présence d'environ cinquante brevets qui ont tous eu la prétention de se réserver le monopole des principes de cette fabrication. Mais il y a plus de deux ans, le Comité des houillères a signalé la patente de Samuel Dobré prise en Angleterre en 1844 et aujourd'hui dans le domaine public, comme le point de départ que les exploitants peuvent adopter pour fabriquer des agglomérés au brai sec. »

A ces judicieuses observations de M. Burat nous n'ajouterons qu'un mot, c'est qu'il sera d'autant plus aisé à nos houillères de fabriquer de bons agglomérés avec la méthode anglaise, que ces agglomérés sont aujourd'hui presque exclusivement employés par les Anglais dans leur grande navigation à vapeur, et nous avons pu nous assurer nous-même par nombre de voyages effectués sur les steamers anglais, et entre l'un et l'autre tropique, que les agglomérés ne dégageaient aucune odeur, malgré l'élévation de la température si générale sous ces brûlants climats.

Si la production houillère de la France a été à tous égards en voie de développement et de progrès dans ces deux dernières années, il en a été de même de la production de nos usines métallurgiques, surtout des usines à fer, et là-dessus, la statistique administrative va encore nous renseigner utilement.

Les mines et minières de fer occupent, par leur nombre, leur étendue et leur production, le second rang parmi les mines françaises. De 1853 à 1856, le chiffre de l'extraction est toujours

allé croissant; pour 1856, il dépassait 4,600,000 tonnes. Mais en 1857, 1858 et 1859, sans doute par suite de l'influence de la crise financière américaine, qui a eu un contre-coup si prononcé en Europe, la production a toujours été en diminuant et n'atteignait en dernier lieu, c'est-à-dire en 1859, que la moyenne de la production des deux années 1853-1854, soit un peu plus de 3,500,000 tonnes. Il est probable que l'introduction des minerais étrangers, tels que ceux de l'île d'Elbe, de la Toscane et de l'Espagne, que consomment depuis 1856 nombre de nos hauts-fourneaux du Midi et des départements riverains du Rhône, a contribué aussi à abaisser le chiffre de production des mines et minières indigènes. Enfin, la difficulté des transports intérieurs entre ici, de même que pour nos houillères, comme un élément défavorable limitant notre extraction.

Le prix de vente du minerai brut sur les haldes de la mine et celui du minerai vendu aux usines varie souvent de 1 à 10, et toujours au moins du double au triple. Dans les Landes, par exemple, il est sur le carreau de la mine de fr. 9,10 la tonne, et enrichi par la préparation mécanique et rendu aux usines, de fr. 22,40. Dans le Bas-Rhin, le prix du minerai brut est de fr. 3,16 sur le carreau de la mine, et de 36,70 au pied des fourneaux.

La fabrication de la fonte est toujours allée croissant de 1853 à 1857. En 1858, elle a commencé à décroître sous l'influence de la crise qui a pesé sur toutes les places commerciales du nouveau et de l'ancien monde, et n'a guère dépassé 871,000 tonnes, un peu plus que la production de 1855. En 1859, la décroissance est encore plus grande et le chiffre de la production n'atteint plus que 856,000 tonnes ou à très peu près le chiffre de 1855. Mais, suivant l'exposé de la situation de l'Empire, la production s'est considérablement relevée en 1860, où elle est arrivée au chiffre de 880,000 tonnes et, en 1861, on espérait atteindre 900,000 tonnes. Ce chiffre est encore loin de celui de 1857, le plus élevé auquel nous soyons parvenu, soit 992,000 tonnes : toutefois, devant la progression croissante des années 1860 et 1861, comparée aux années 1858 et 1859, on ne saurait nier que les craintes qu'avait fait concevoir l'application du traité de

commerce étaient au moins exagérées, et si notre production n'a plus atteint celle de notre meilleure année, 1857, c'est probablement parce que la plupart de nos grandes lignes de chemin de fer sont aujourd'hui achevées et que les commandes énormes à laquelle a donné lieu leur construction n'ont plus eu de raison de se produire (1).

Dans tous les cas, notre production de 1861, comparée à celle de 1851, est juste le double, et partant comme pour la production de nos houillères, celle de nos usines métallurgiques a doublé en dix ans. Ces chiffres ont leur éloquence et témoignent avant tout d'un fait, c'est que la situation industrielle de la France, au moins pour ce qui concerne la production de la houille et du fer, ces deux grands agents de tout progrès matériel, n'est nullement désespérée, comme voulait nous le faire croire une classe de pessimistes.

Les chiffres que nous avons indiqués pour la production en fonte de nos usines sidérurgiques comprennent aussi bien la fonte de moulage que celle de forge, la fonte au bois que celle au coke. La production de cette dernière tend à augmenter, tandis que celle de la seconde diminue ou du moins reste stationnaire, limitée par les ressources forestières du pays.

La proportion actuelle de l'une et de l'autre fonte dans le chiffre total de la fabrication est d'environ 2 de fonte au coke pour 1 de fonte au bois. Autrefois, c'était la fabrication au bois qui l'emportait. Ainsi, en 1847, nos usines à fer produisaient environ 7 de fonte au bois pour 5 de fonte au coke. C'est à partir de 1852 seulement que le chiffre de la production au coke a prévalu.

Les prix de l'une et l'autre fonte ont toujours été déclinant depuis 1855, sauf quelques variations, et ils étaient moyennement en 1859 de fr. 14,73 le quintal de 100 kilog. pour la fonte au bois et fr. 11,21 pour la fonte au coke.

En consultant les différents tableaux publiés par le *Résumé*

(1) Dans le chiffre total du poids des fers produits à la houille, chiffre qui sera donné plus loin, le poids des rails entre au moins pour le tiers et parfois pour plus de la moitié.

des travaux statistiques, on voit que la production de la fonte en France s'est accrue en 40 ans, de 1819 à 1859, dans le rapport de 1 à 8; la progression a toujours été croissant et il n'y a eu de diminution qu'aux époques de crise politique, comme en 1830 et 1848, ou aux époques de crise commerciale, comme en 1857-58.

Le mouvement de la production du fer a naturellement suivi celui de la production de la fonte. Pour ne s'en tenir qu'à ces dernières années, il a sans cesse augmenté de 1853 à 1856 et diminué toujours davantage de 1856 à 1859. Dans cette dernière année, le chiffre n'était que de 520,000 tonnes; mais, d'après l'Exposé de la situation de l'Empire, la fabrication en 1860 a atteint 560,000 tonnes et en 1861, 573,000, un peu plus qu'en l'année jusque là la plus florissante, celle de 1856. Dans ces chiffres sont compris les fers de toute sorte : fer marchand, fer pour acier, tôles, rails, etc.

Le prix du fer au charbon de bois a augmenté de 1853 à 1856; il est ensuite toujours descendu et il n'était plus en 1859 que de fr. 42,40.

Le fer aux deux combustibles a suivi toutes les variations du fer au charbon de bois, et s'en est d'ailleurs très-peu écarté pour le prix qui était en 1859 de fr. 41,03.

Les fers à la houille ont vu leur prix aller en progression croissante jusqu'en 1856, époque où ils ont commencé à baisser. Le prix moyen n'était plus que de fr. 27,21 en 1859.

Aujourd'hui 1/8 seulement de la fabrication a lieu au charbon de bois 1/16 par la méthode mixte (houille, coke et charbon végétal); tout le reste est fabriqué au coke et à la houille. Dans tous les cas, notre production plus que doublée en 10 ans, et le chiffre de la fabrication dépassant, en 1861, le maximum atteint jusque là, sont des arguments victorieux que l'on peut opposer à ceux qui prétendent encore que la France ne peut voler de ses propres ailes, en industrie s'entend, et que le traité de commerce doit amener la ruine inévitable de toutes nos usines sidérurgiques. S'il y a eu quelques blessés dans la lutte, si quelques établissements se sont trouvés lésés, nous en avons donné les raisons dans notre précédent article,

et dans tous les cas, il n'y a de progrès qu'à ce prix. Où en seraient les chemins de fer, si l'on eût écouté les maîtres de poste, les entrepreneurs de diligences, et le chœur de messieurs les hôteliers et aubergistes? Où en serait la navigation à vapeur, si l'on eût donné raison aux caboteurs et même aux marins de long cours. C'est une loi fatale, et il faut s'y résigner : le bien de tous ne se fait pas sans le mal de quelques-uns; heureux quand on peut largement indemniser ou reporter utilement ailleurs ceux que la marche brutale du progrès a violemment rejetés de l'ornière où ils s'endormaient avec trop de confiance.

La production des métaux autres que le fer, c'est-à-dire le cuivre, le plomb, l'argent et accessoirement l'or, le zinc, enfin l'étain, l'antimoine et le manganèse dont les minerais s'emploient le plus souvent à l'état naturel, ou après avoir subi sur place un premier traitement, n'offre pas pour la France un tableau aussi satisfaisant que celui de la production de nos houillères et de nos usines sidérurgiques. Cependant la production du cuivre et celle du plomb et de l'argent va toujours en progression ascendante. Pour le cuivre, la plus grande partie nous arrive du Chili à l'état de minerai exceptionnellement riche, ou de métal brut et matte que nous fondons et affinons avec de vieux cuivres, pour entreprendre ensuite le laminage. Quant au plomb et à l'argent, nous recevons également les métaux et les minerais de l'étranger, notamment de l'Espagne, mais nous avons en France les mines de Largentière, dans les Hautes-Alpes; Vizille, dans l'Isère; Carnoulès, dans le Gard; Vialas, dans la Lozère; Pontgibaud, dans le Puy de Dôme; Poullaouen et Huelgoet, dans le Finistère (on peut en donner la liste complète, elle n'est pas trop longue), qui contribuent pour une certaine part à la consommation indigène.

L'or est tiré des minerais de plomb qui le contiennent avec l'argent; on l'extrait aussi de quelques sables de rivières, principalement ceux du Rhin, mais c'est une industrie qui diminue de jour en jour et l'orpailleur passe de plus en plus en France à l'état de type légendaire.

La production du minerai de manganèse, qui sert, comme on le sait, dans les fabriques de produits chimiques; celle du

minerai d'antimoine dont le métal, entre autres usages, est allié au plomb pour les caractères d'imprimerie, enfin celle du zinc qui, depuis quelques années, a pris en Belgique et en Espagne une si grande extension, mais qui se limite aujourd'hui en France à un seul département, celui du Gard, complètent le bilan de notre production en métaux autres que le fer. Les quantités produites de tous ces métaux, hormis celles du plomb et de l'argent, sont très-faibles; elles se résument ainsi, en nombres ronds, pour 1859 :

Plomb et litharge,		410,000	q.	m.
Cuivre,		88,300	»	»
Minerai de manganèse,		67,200	»	»
» d'antimoine,		6,700	»	»
Zinc,		1,700	»	»
Or fin,	grammes,	76,600		
Argent,	kilogrammes,	48,600		

La production du zinc est toujours allée décroissant depuis 1857; elle était en 1856 presque triple de ce qu'elle est aujourd'hui. La fabrication dans le département du Gard ne date que de 1855. Autrefois, on produisait ce métal dans l'Isère, aux usines de Vienne, avec le minerai de la localité.

Le *Résumé des travaux statistiques* signale une mine d'étain exploitée dans le Morbihan, mais ne dit pas ce que devient le minerai.

Quant à l'antimoine, les principaux départements producteurs sont la Corse, le Cantal et la Haute-Loire. Dans ces deux derniers, le minerai est fondu sur place dans des pots, par la vieille méthode. En Corse, on préfère l'expédier à Marseille où on le traite dans une usine, autrefois très-florissante. Il y avait aussi à Alais, en 1852, une usine marchant comme celle de Marseille et traitant le minerai de la Lozère.

En somme, bien que la production des mines métalliques françaises ait plus que doublé depuis dix ans, la France doit toujours demander à l'étranger la presque totalité des métaux usuels nécessaires à sa consommation. Elle ne peut se suffire que pour le fer. Cette infériorité s'explique-t-elle bien, comme le dit M. le ministre des travaux publics dans son rapport à

l'Empereur, en lui présentant le *Résumé des travaux statistiques* relatifs à l'industrie minérale, par la situation et le mode de gisement de la plupart de nos gîtes métallifères qui rendent l'exploitation tout à la fois difficile et coûteuse? N'est-ce pas là, au contraire, le cas de toutes les mines métalliques en Europe comme en Asie et en Amérique, et l'exploitation d'une mine de métaux ne se présente-t-elle pas immédiatement aux yeux de l'homme le plus ignorant comme située en pays de montagnes, sur des points isolés, d'un accès difficile? C'est là, en effet, la vérité et nous ne pourrions être mieux partagés en France dans la position de nos mines métalliques. Le soulèvement des grandes chaînes de montagnes, l'apparition des roches éruptives ont produit dans le sol des fissures où les filons métalliques se sont déposés et partant ces filons doivent toujours se rencontrer, sauf de très-rares exceptions, en pays montagneux et agrestes.

Au point de vue de la richesse de ces mines, de leur mode de gisement, nous sommes également dans le même cas à peu près que tant d'autres pays métallifères, l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie. Si nous n'avons rien fait chez nous, ou presque rien, c'est faute de courage et de patience, faute aussi d'une bonne organisation de nos Sociétés industrielles (1). Mais il y a aussi beaucoup d'autres raisons qui ont également paralysé l'exploitation de nos mines métallifères. Ce sont, comme on le sait, les entraves apportées par la loi, au libre développement de notre industrie minérale, la difficulté des transports, etc. Dans un prochain article nous reviendrons d'une manière complète sur ce sujet, nous voulons dire l'exploitation de nos mines métalliques, que nous n'avons pu qu'effleurer jusqu'ici, à cause de l'abondance des matières qu'il nous fallait traiter.

---

(1) En juillet 1856, le gouvernement, pour mettre un frein au débordement des Sociétés de tous genres, fit la loi que l'on connaît sur les Sociétés en commandite. Elle a arrêté le mal, mais aussi singulièrement paralysé l'essor des grandes entreprises. Aujourd'hui, pour redonner un peu de vie à l'industrie française, on propose les *Sociétés à responsabilité limitée*, qui limiteront si bien que personne n'en voudra. Toujours la réglementation, l'excès d'entraves, au lieu de la liberté qui au demeurant est moins dangereuse qu'on ne croit.

III.

PARTIE JURIDIQUE.

Des indemnités de surface. Jurisprudence des cours de Lyon et de Grenoble. — De la nouvelle loi sur les brevets.

La question des indemnités de surface que nous avons commencé de traiter dans notre précédente revue, formera encore le sujet principal de notre partie juridique.

En dépit d'une interprétation contraire, pendant plus de quarante ans, de tous les tribunaux appelés à appliquer la loi des mines, on veut maintenant faire payer au double de leur valeur les dommages involontaires causés à la surface par l'exploitation, tandis que la loi n'a réservé la double indemnité, comme l'a toujours fort bien fait observer le comité des houillères, qu'à l'expropriation résultant de la volonté ou de l'initiative de l'exploitant.

La lutte engagée entre les concessionnaires de mines et les propriétaires de la surface a pris, on peut le dire, naissance dès les premiers jours de la promulgation de la loi des mines. Des procès nombreux en ont été la conséquence, et toujours il avait été réglé que les dommages provenant du fait de l'exposition souterraine seraient payés à leur simple valeur.

Récemment encore, la loi a été interprétée dans le sens que toute notre magistrature sans exception lui attribuait depuis quarante ans (1), par le Tribunal de Saint-Étienne et par la Cour de Lyon , à l'occasion des dommages éprouvés par le sieur Pras, propriétaire de la surface sur le périmètre concédé à la Compagnie anonyme des Mines de la Loire, et exigeant que cette Compagnie fît l'acquisition de ses propriétés endommagées et qu'elle les lui payât au double de leur valeur.

---

(1) Ce n'est que de 1848 que date la divergence d'opinion de notre magistrature sur l'interprétation des cas de double et de simple indemnité.

La Cour de cassation, liée par un précédent regrettable, a cassé l'arrêt de la Cour de Lyon et renvoyé la cause devant celle de Grenoble où elle a été de nouveau plaidée et jugée dans le même sens.

Nous transcrivons ci-après les principaux considérants de l'arrêt de la Cour de Grenoble, rendu le 20 mars 1861 devant les Chambres civiles réunies. Ils résument très-nettement les droits concédés aux exploitants par la loi du 21 avril 1810.

« Attendu que les articles 1382 et 1149 du Code Napoléon, en disposant que tout fait quelconque de l'homme qui cause à autrui un dommage oblige celui par la faute duquel il est arrivé à le réparer, et que les dommages-intérêts dus sont de la perte éprouvée et du gain dont on a été privé, ont créé une règle générale de droit qui garantit la réparation complète du préjudice causé, et qui doit être suivie dans tous les cas où il n'y a pas été dérogé par une convention ou une loi spéciale;

.... » Attendu qu'il n'est pas douteux que la loi du 21 avril 1810, concernant les mines, les minières et les carrières, est une loi spéciale, et que les obligations imposées au concessionnaire d'une mine, par les articles 43 et 44 de cette loi, de payer au propriétaire de la surface le double du revenu, et même d'acquérir cette surface en en payant au double sa valeur, ne soient des obligations exceptionnelles, exorbitantes, en dehors du droit commun, et qui, par conséquent, doivent être restreintes et non étendues;

» Attendu que les termes des deux paragraphes qui composent l'article 43 expriment de la manière la plus positive et la plus claire qu'il n'a en vue que les travaux faits sur le terrain ou la surface du sol et les indemnités dues aux propriétaires de cette surface pour les dommages causés par ces travaux;

» Attendu que toutes les expressions de l'article 44, qui n'est que la suite et le corollaire de l'article 43, ne sont ni moins claires ni moins formelles pour démontrer qu'il ne s'applique qu'à l'occupation de la surface, à la privation de la jouissance et du revenu de cette surface et aux travaux qui en empêchent la culture;

» Attendu, en outre, que, soit dans l'article 45 de la loi de

1810, qui ne soumet deux concessionnaires voisins qu'à l'indemnité du droit commun; soit dans le fait que le propriétaire du dessus, qui cause les dommages au propriétaire de la mine, n'est tenu que de cette indemnité, alors cependant qu'il devrait y avoir réciprocité, on trouve une preuve de plus que le législateur, pour les dommages causés par les travaux souterrains, n'a pas voulu déroger au droit commun;

» Attendu que, s'il est vrai, comme l'ont dit la Cour de cassation et les Cours impériales, qui ont appliqué l'article 44 aux dommages causés par l'exploitation de la mine, qu'il y a dépossession dans ce cas comme dans celui de l'occupation de la surface, il ne saurait être également vrai qu'il n'y a pas lieu de distinguer, comme l'ajoutent ces Cours, qu'autant qu'il serait démontré *à priori* que le législateur n'a pas distingué, et qu'il est permis d'étendre le cas qu'il a formellement prévu à celui qu'il n'a pas prévu; mais qu'étant au contraire démontré et reconnu qu'il s'agit ici de l'application d'une loi spéciale qui doit être restreinte, non-seulement parce que son extension est défendue par le droit d'une manière absolue, mais encore parce que cette loi spéciale renferme des dispositions qui prouvent qu'elle a distingué elle-même, les principes les plus certains autorisent à dire, avec le respect dû aux décisions de la Cour souveraine, que c'est contrairement à ces principes et à la loi qu'elle n'a pas admis une distinction faite par la loi elle-même;

» Attendu, enfin, qu'il n'y a rien, dans les discussions qui ont préparé la loi de 1810, qui soit contraire à cette solution; que la manière dont elle a été généralement appliquée et exécutée pendant plus de trente ans, et qui a été cause, sans doute, que Pras n'avait pas d'abord réclamé la double indemnité; que la manière dont elle l'est en Belgique, où elle a été adoptée, sont autant de puissantes raisons pour décider que cette loi a distingué, et que la distinction qu'elle a faite entre les travaux à la surface et les travaux souterrains est tout à la fois dans la lettre et l'esprit de cette loi;

« Par ces motifs, etc. »

L'arrêt de la Cour de Grenoble ayant été déféré par le sieur

Pras à la Cour de cassation, l'affaire doit être portée par la Cour souveraine devant les Chambres réunies. Nous faisons des vœux pour que la décision qui va fixer la jurisprudence d'une manière définitive donne satisfaction aux réclamations et aux intérêts des exploitants. Une solution contraire à celle des arrêts des Cour de Lyon et de Grenoble exposerait nos houillères à des sacrifices incalculables et limiterait et rendrait incertains tous leurs travaux.

Les exploitants des mines de la Loire ne sont pas seuls intéressés, du reste, dans la question; tous nos exploitants le sont également, et tout récemment la Compagnie des fonderies et forges d'Alais s'est pourvue auprès de la Cour de cassation contre un arrêt de la Cour de Nismes qui, jugeant contrairement à la jurisprudence des Cours de Lyon et de Grenoble, maintenait la double indemnité dans tous les cas.

Nous avons indiqué dans notre précédente Revue quelques-unes des observations si saisissantes présentées à la Cour suprême par M. Paravey, ancien conseiller d'État, l'un des administrateurs de la Société des fonderies et forges d'Alais. Nous espérons avec lui que la Cour de cassation révisera sa première jurisprudence, et donnera enfin raison, non-seulement aux exploitants, mais encore à la magistrature, au barreau, à l'administration, à l'opinion publique enfin qui se sont prononcés en leur faveur avec une imposante majorité.

Il est une autre question qui, non moins que celle de la double indemnité, préoccupe nos exploitants de mines et en général tous nos industriels : c'est celle des brevets d'invention, et à ce titre nous devons en dire au moins quelques mots dans cette partie de notre Revue. Nous ne savons ce que nous prépare la prochaine loi sur les brevets, qu'on élabore en ce moment, mais nous savons que la loi actuelle est fiscale, immorale (disons-le franchement), et ne garantit les intérêts de personne. Elle est fiscale en ce qu'on ne demande à l'inventeur qu'une somme d'argent en retour de laquelle on lui délivre un brevet, sans même prendre connaissance de ce qu'il a inventé, et s'assurer s'il est bien ou non inventeur, comme il le dit; elle est immorale en ce que le public qui n'y connaît rien et dont

l'éducation n'est pas faite au point de vue de l'étude des lois, est toujours trompé par la vue d'un brevet, et sans s'arrêter au cabalistique s. g. d. g., regarde toujours un inventeur comme un homme de génie, sacré et reconnu par l'État. A cet inventeur le bon et crédule public remet quelquefois sa fortune, et s'étonne de ne pas la voir décupler dans l'exploitation du nouveau procédé. Enfin, nous disons que la loi actuelle sur les brevets ne garantit les intérêts de personne, pas plus ceux des inventeurs sérieux qu'elle lèse la plupart du temps, en ne les protégeant pas efficacement contre les plagiaires, que ceux des Compagnies industrielles auxquelles le corps des brevets vient souvent à tout propos susciter des procès sur telle et telle opération dont ils prétendent avoir le monopole, alors que depuis vingt et trente ans, et quelquefois depuis des siècles, elle est tombée dans le domaine public.

A Dieu ne plaise que l'on pût croire que nous voulons nous élever ici contre tous les inventeurs. Nous croyons que la propriété d'une invention est une propriété comme la propriété littéraire ou artistique; mais cette propriété demande à être établie sur d'autres bases qu'elle ne l'a été jusqu'ici.

Depuis nombre d'années, avec le progrès industriel qui caractérise notre époque, une foule de gens sans éducation scientifique préalable se sont, de leur propre autorité, déclarés inventeurs : ceux-ci ont imaginé des procédés nouveaux pour fabriquer l'acier, ceux-là pour préparer le coke, ou bien encore les agglomérés, ceux-ci ont inventé une nouvelle machine à air, à gaz, ou le moyen de brûler économiquement la fumée sous les chaudières à vapeur. L'État les a tous patronés, tous déclarés hommes de génie en leur délivrant leur brevet d'inventeur. Et ces messieurs s'en sont allés le nez au vent, flairant les industries auxquelles on pourrait faire des procès de contrefaçon et qui composeraient avec eux pour s'éviter des désagréments.

Encore une fois ce n'est pas là le cas de tous les inventeurs; mais, nous ne craignons pas de le dire, c'est le cas du plus grand nombre, et il serait temps, au nom de la moralité publique, au nom de la sécurité des industriels, de la sauvegarde

même des inventeurs de talent, qu'un pareil état de choses eût une fin. La loi que l'on prépare fera-t-elle cesser le mal, nous osons l'espérer. Dans tous les cas, les inconvénients que nous avons signalés existent, et plus d'un de ceux qui liront ces lignes, industriels, fabricants, manufacturiers, pourraient, au besoin, confirmer les faits que nous venons d'avancer.

La propriété de l'inventeur n'est malheureusement pas une propriété aussi facile à établir que la propriété foncière; de plus, ni Archimède pour sa vis, ni Watt pour ses merveilleux perfectionnements apportés à la machine à vapeur, ni notre grand Seguin pour sa chaudière tubulaire, ni Stephenson pour son jet de vapeur, ni Daguerre pour son admirable invention, n'ont jamais été brevetés. Mais nous voilà dans un ordre philosophique d'idées qui sort du cadre de cette Revue, et comme nous n'avons pas voix délibérative au conclave, nous laisserons à la commission chargée de préparer le nouveau projet de loi sur les brevets le soin de juger en dernier ressort, et de résoudre, au mieux des intérêts réciproques du public et de l'inventeur, la difficile question qui vient de nous occuper un moment.

RÉSUMÉ.

Avant de clôre ce second article, résumons rapidement ce que nous avons dit.

Au point de vue économique des transports nous avons démontré l'insuffisance sur quelques chemins de fer du matériel destiné à la circulation des houilles. Le remède le plus certain à ce fâcheux état de choses est la suppression des tarifs de navigation et l'amélioration des voies navigables, pour opposer utilement les canaux au chemin de fer, les mettre les uns et les autres en concurrence pour le transport des matières encombrantes et abaisser partout les tarifs des voies ferrées.

Nous avons signalé l'adjudication et la concession de nouvelles lignes, la création prochaine de nouveaux embranchements, en un mot l'achèvement successif, bien que toujours lent,

de notre réseau. Nous n'avons pas oublié les transports maritimes qui intéressent également notre industrie minérale, et nous tiendrons nos lecteurs au courant, dans nos prochains articles, des résultats qu'aura produits l'enquête sur la marine marchande.

La partie administrative de notre Revue a été cette fois presque toute statistique. Le Résumé des travaux publics par l'administration des mines sur l'industrie minérale du pays, résumé que nous avons commenté, a démontré que nos houillères et nos usines sidérurgiques étaient en progrès constants, même depuis l'application du traité de commerce.

Au sujet de nos mines indigènes, nous avons signalé un acte de justice qui s'est fait peut-être un peu trop attendre, celui de l'admission des houilles françaises dans la fourniture de la marine impériale.

Abordant enfin l'étude statistique de nos mines métalliques, nous avons, tout en rappelant le progrès accompli pendant ces dix dernières années, indiqué notre infériorité navrante dans la production de métaux usuels autres que le fer. Nous reviendrons sur cette question comme sur beaucoup d'autres et étudierons les moyens de donner un peu de vie et d'activité à nos mines métalliques qui furent jadis si productives.

Passant de la partie administrative et statistique à la partie juridique, nous avons traité de nouveau la question des indemnités de surface, heureux de faire connaître à nos lecteurs la jurisprudence de la Cour de Grenoble favorable à nos exploitants de mines.

Quelques considérations sur les brevets d'invention en vue de la nouvelle loi que l'on prépare sur la matière ont terminé cette troisième partie.

Nous ajournons nos lecteurs de la *Revue* à notre prochain article, et prions encore une fois les exploitants de mines et d'usines de nous signaler les abus dont ils demandent le redressement, et d'éveiller notre attention sur tous les points qui, de près ou de loin, intéressent la prospérité de notre industrie minérale.

Paris, 18 juin 1862. L. S

REVUE SEMESTRIELLE

DES TRAVAUX D'EXPLOITATION DES MINES, DE MÉTALLURGIE ET DE CONSTRUCTION,

PAR

ED. GRATEAU,

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES.

SOMMAIRE.

I.

EXPLOITATION.

FORMATION DES FILONS AURIFÈRES.

Le mode de formation des roches diverses qui composent la croûte terrestre a exercé de tout temps la sagacité des géo-

logues. Mais la géogénie rationnelle est née d'hier seulement, et, malgré les travaux considérables auxquels elle a donné lieu, elle est encore loin d'être une science positive. Les hypothèses les plus plausibles sur l'origine des roches et des filons métallifères sont dues à l'esprit ingénieux de M. Élie de Beaumont, mais elles demandent à être appuyées de faits qui les corroborent ou en démontrent la généralité. Les études géologiques entreprises dans cette voie sont donc de la plus grande utilité, tant au point de vue de l'histoire naturelle des corps inorganiques qu'à celui, tout industriel, des règles ou des déductions qu'on en pourra tirer pour guider les recherches du mineur et faciliter l'exploitation des minéraux utiles.

Il nous a donc paru utile de résumer rapidement les résultats consignés par M. Laur, ingénieur des mines, dans un long mémoire (1) inséré au *Moniteur universel* et présenté à l'Académie des sciences, mémoire qui traite particulièrement de l'origine des roches aurifères de Californie.

Les mines d'or de la Californie sont situées sur le versant occidental et tout le long de la Sierra Nevada californienne, qui est le prolongement de la chaîne des Andes.

Le côté opposé au grand versant californien se compose surtout de roches éruptives modernes : trachytes amphiboliques et micacés non quartzifères, phonolithes, basaltes, amphibolithes, obsidiennes, ponces; enfin la dernière période de ces phénomènes éruptifs se manifeste actuellement par des émanations gazeuses et des sources d'eaux minérales bouillantes.

Bien que le versant californien ne présente pas la même allure de formation récente, les deux régions offrent le caractère commun de la présence de quartz aurifères.

Une observation attentive des sources minérales et particulièrement de celles de Steamboat-Valley, qui émergent presque au pied de la Sierra Nevada, a montré à M. Laur qu'elles sortent du granite en un point correspondant à une formation

(1) *Observations sur l'origine et la distribution de l'or dans les terrains de la Californie*

basaltique qui s'est fait jour à travers le granite, en y produisant plusieurs systèmes de crevasses ou fractures.

Ces crevasses amènent au jour des eaux bouillantes très-alcalines, qui abandonnent sur leurs parois et leurs bords extérieurs des dépôts de soufre, de silice et d'oxyde de fer, formant des masses cariées à structure rubanée.

Dans un deuxième système de fentes, qui sont également le résultat de fissures dans les roches basaltiques, on ne trouve plus que de loin en loin des jets de vapeur d'eau. Ces fentes sont froides et obstruées par de la silice rubanée métallifère, dans laquelle se trouvent les pyrites de fer et de cuivre et l'or natif. De plus, les dépôts siliceux aurifères forment des épanchements considérables des deux côtés des crevasses.

De ces observations, M. Laur a conclu, avec toute apparence de vérité, que les filons de quartz aurifère *anciens*, qui sont refroidis et dépourvus d'eaux thermales, ont été formés et remplis d'une manière analogue à ce qui se passe de nos jours pour ceux de Steamboat-Valley.

Par suite, tout porte à croire qu'à diverses époques géologiques, dont la plus ancienne remonterait à l'apparition des trachytes, l'or aurait été amené du sein de la terre par des eaux thermales alcalines, qui imprégnaient les terrains qu'elles traversaient et y déposaient une partie des substances dont elles étaient chargées, et particulièrement l'or.

Ces phénomènes ont été continus depuis l'origine jusqu'à nos jours, mais avec une intensité décroissante, et ils sont actuellement à leur dernier terme.

L'érosion des filons anciens a ensuite suffi pour constituer les sables aurifères.

Ces faits, très-remarquables, confirment d'une manière éclatante les vues élevées développées par M. Élie de Beaumont sur les rapports qui existent entre les sources thermales et la formation des filons métallifères, et sur le rôle de l'eau comme agent minéralisateur.

MINES D'OR DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE (1).

L'intérêt qu'a excité la découverte des gisements aurifères de la Nouvelle-Écosse donne de l'opportunité aux détails relatifs à leur mode de gisement.

D'après M. Dawson, principal au collége de Mac Gill, l'or doit se trouver dans toute la côte du district métamorphique de la Nouvelle-Écosse. Il se rencontre principalement en veines traversant certaines couches minces d'ardoises, ou les roches quartzeuses de cette région, lesquelles sont reconnaissables à leurs caractères minéralogiques et leurs relations bien définies avec les autres formations locales.

M. Marsh, du collége d'Yale, pose en fait qu'il y a une ceinture de roches métamorphiques s'étendant tout le long de la province de la Nouvelle-Écosse, variant en largeur de dix à cinquante milles, et qui est principalement composée d'argile schisteuse et de quartzite remplacé dans certains points par des schistes micacés, des gneiss et du granite. Cette formation appartient, selon M. Dawson, aux terrains siluriens.

Aux mines de Tangier, les couches qui renferment l'or sont des argiles schisteuses, traversées de veines compactes de quartz. La stratification est fort bouleversée. On n'y a pas trouvé de fossiles, sans doute parce que les traces en ont été détruites par l'action métamorphique de la chaleur. On a cependant récemment trouvé des fossiles complets, dans le schiste argileux près de St-John (New-Brunswick). L'or de Tangier se trouve exclusivement dans les filons de quartz. On en a aussi trouvé, en quantité notable, dans le lit d'un petit torrent voisin des mines.

Parmi les échantillons d'or recueillis, M. Marsh a signalé trois cristaux isolés, rappelant, par leur aspect, ceux qui viennent de Californie.

Les mines de Tangier sont sur le territoire de l'État. Une

(1) *Scientific american.* — Silliman : *American journal of science and art.*

concession de 30 à 33 pieds se loue 20 dollars par an, et 700 hommes étaient occupés à ces travaux au mois d'août dernier. Mais les moyens grossiers employés pour l'extraction de l'or en laissaient perdre au moins le tiers. On employait un appareil composé de deux larges blocs de granite attachés par de courtes cordes à une flèche horizontale traversant un arbre vertical, et entraînée par deux chevaux comme dans l'ancien manége. Le quartz était étendu sur une aire pavée, maintenu mouillé, et écrasé par le passage des blocs.

A Lunenburg, l'or se rencontre aussi en filons quartzeux, traversant le schiste argileux. Ces mines, situées sur les bords de la mer, ont fourni de grandes quantités d'or avec peu de travail. Le mispickel est abondant, et sa présence rend le lavage de l'or difficile.

L'or de Tangier a une densité de 18,95; M. Marsh l'a trouvé composé de 98,13 d'or, 1,76 d'argent, et 0,05 de cuivre, avec des traces de fer. L'or de Lunenburg présente une composition semblable. On n'a point commencé à employer l'amalgamation pour extraire l'or, ce qui fait que toutes les particules les plus fines sont perdues.

Selon M. J. A. Phillipps (1), le plus remarquable des gisements d'or reconnu à la Nouvelle-Écosse est celui qui a été trouvé à Laidlaw's-Farm.

Le quartz aurifère se trouve au sommet d'une montagne composée de schistes métamorphiques durs, et des puits creusés en plusieurs endroits ont rencontré, à la profondeur de quatre ou cinq pieds, un banc de quartz contourné et plissé, épais de huit à dix pouces. Cette disposition lui a fait donner par les mineurs le nom de *barrel quartz* (quartz à cuves), parce que la formation présente une certaine analogie d'aspect avec une série de petits tonneaux qui seraient posés les uns à côté des autres, et bout à bout.

La roche qui recouvre ce filon remarquable est excessivement dure, mais à quelque distance en profondeur, elle devient plus tendre et quelquefois plus fissile que vers la surface. Le quartz est lui-même exfolié parallèlement à la courbure du filon, et

(1) *Mining and Smelting Magazine.*

tend à se cliver suivant des directions en rapport avec les ondulations du gisement. La partie supérieure des plissements est généralement recouverte d'une mince couche d'oxyde de fer, renfermant souvent des pépites d'or natif, et le quartz, dans le voisinage immédiat de ces couches ferrugineuses, est lui-même souvent très-aurifère.

En outre de l'or, les filons aurifères de la Nouvelle-Écosse renferment des quantités considérables de fer pyriteux, de mispickel, de galène, de blende, et plus rarement de petites quantités de sulfure de cuivre argentifère.

PERFORATEUR LISBET (1).

On a fait bien des tentatives pour remplacer le travail lent et pénible du mineur, dans le forage des trous de mines, par l'action énergique et rapide des machines. Mais les essais ont presque tous échoué soit par la complication des appareils, soit par leur manque de solidité ou l'incommodité de leur manœuvre. La question néanmoins acquiert chaque jour plus d'importance, à mesure que se fait sentir la nécessité de rendre plus économique et plus prompt l'abattage de la houille, des minerais ou des roches que traverse un souterrain.

Un nouvel outil perforateur a été essayé avec avantage, il y a quelques mois. Il est dû à M. Lisbet, ingénieur des mines de Bully-Grenay (Pas-de-Calais), qui lui attribue une économie de temps des neuf dixièmes, sans augmentation de personnel.

L'appareil de M. Lisbet se compose de trois parties principales :

1° Un cadre à longueur variable, formant le point d'appui du perforateur ;

2° La boîte porte-outil ;

3° Le fleuret.

Le cadre rectangulaire présente, sur les faces internes de ses grands côtés, des rainures longitudinales en forme de queue

---

(1) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale.*

d'hironde, dans lesquelles s'engagent les branches d'une fourche, terminée à sa partie supérieure par une griffe en forme de croissant, et comme celle que l'on remarque dans les crics.

Les longs côtés du cadre sont entaillés en crémaillères, et réunis par deux traverses. La traverse inférieure est armée d'un sabot ou griffe. La traverse supérieure supporte un petit engrenage conique et un pignon qui servent à serrer fortement la griffe supérieure contre le rocher, par une manœuvre de cric. On assure ainsi au système une rigidité et une stabilité suffisantes, l'important étant, en effet, d'avoir un support inébranlable pour l'outil.

Le porte-outil est formé d'une boîte en tôle, d'une largeur égale à l'écartement interne des longs côtés du cadre. Il peut être placé sur les crémaillères à une hauteur quelconque, et prendre une inclinaison variable sur l'axe du cadre au moyen de tourillons.

L'outil se compose d'une barre d'acier de $0^m,007$ d'épaisseur et $0^m,035$ de largeur, contournée suivant une spirale dont le pas a $0^m,035$. Le diamant est triangulaire et a ses extrémités légèrement relevées dans le sens de l'entaillement. Les débris de la roche sont enlevés par l'action même de ce fleuret rubanné, qui se comporte à peu près comme la vis d'Archimède pour l'élévation des liquides.

L'outil peut prendre quatre vitesses de rotation différentes, d'après la dureté de la roche à forer, et suivant que la manivelle qui lui transmet le mouvement est appliquée à des arbres d'engrenages différents.

Des expériences très-satisfaisantes (1) ont été faites avec cet

---

(1) Deux établissements belges, la Société Montigny sur-Sambre et celle des hauts fourneaux d'Ougrée, ont fait l'essai de cet appareil pour l'exploitation de la couche d'oligiste de Vezin, province de Namur, et pour le percement des galeries que l'on construit dans cette localité. Les résultats de ces essais ont été si peu favorables qu'on a été obligé de renoncer à l'emploi de l'appareil. On a trouvé que dans les schistes tendres il ne procurait aucun avantage, et dans les grès et le minerai non-seulement le percement était moins rapide que par la méthode ordinaire, mais la fatigue pour l'ouvrier était beaucoup plus grande. L. T.

appareil dans une galerie à travers banc de la mine d'Annezin. L'outil sur lequel on a expérimenté pesait 60 kil. Les fleurets étaient en acier corroyé ordinaire. La galerie à travers banc avait $1^m,60$ de hauteur sur autant de largeur.

Dans des schistes durs, on a obtenu les résultats suivants :

Pose de l'appareil	3	minutes.
Forage de $0^m,30$ avec le premier outil. .	1 1/4	id.
Changement du fleuret.	1/2	id.
Forage de $0^m,30$	1 1/4	id.
Résultat : avancement de $0^m,60$. . . .	6	minutes.

Le trou était horizontal, et la vitesse de la manivelle de 1,33 tour par seconde.

Un deuxième essai, dans un schiste plus dur, a donné les résultats ci-dessous :

Pose de l'appareil	2 1/2	minutes.
Forage de $0^m,30$.	1 1/2	id.
Changement d'outil	1/2	id.
Forage de $0^m,30$	1 1/4	id.
Changement d'outil.	1/2	id.
Forage de $0^m,35$	2 1/4	id.
Total : $0^m,95$ en	8 1/2	minutes.

Dans la dernière période, on a traversé un nerf de fer carbonaté de $0^m,05$ d'épaisseur.

Trois autres essais analogues ont été faits dans un grès à gros grains, de dureté ordinaire, et dans un grès excessivement dur. Dans ce dernier, l'avancement a été de $0^m,20$ en 11 minutes.

En résumé, ces expériences ont démontré la solidité, la facilité de manœuvre du perforateur Lisbet, et elles ont constaté l'économie de temps résultant de son emploi, la régularité du trou foré, la possibilité de pratiquer un large fourneau au fond du trou, et d'employer l'appareil pour l'abattage de la houille.

Le prix de ce nouvel appareil est évalué à 3 fr. 50 le kilogramme.

SUR LES LAMPES DE SURETÉ (1).

Pour satisfaire aux réclamations des mineurs sur le peu de clarté des lampes de sûreté, la compagnie houillère Westfalia (district de Bochum) a donné au couvercle supérieur du réservoir d'huile une courbure très fortement convexe, afin de réfléchir au dehors les rayons lumineux. Il paraît cependant douteux que la clarté de la lampe soit réellement accrue par ce moyen, parce que, à l'usage, il n'est jamais possible d'éviter complètement le renversement d'un peu d'huile par le porte-mèche, et par suite, le couvercle se recouvre d'une couche d'huile qui atténue notablement son pouvoir réflecteur, ou même l'annule complètement. Ces lampes sont au reste munies comme à l'ordinaire de cylindres de cristal et de tissu métallique, mais elles se distinguent de celles employées jusqu'ici en Westphalie pour l'éclairage par la forme du couvercle du réservoir d'huile.

Le type de construction employé pour la première fois dans la lampe d'Upton-Roberts, et plus tard dans celles de Combes et d'Herold, avec des canaux dans le rebord extérieur du réservoir et une toile métallique placée horizontalement au-dessus de l'orifice intérieur, est ici impraticable; c'est pourquoi on a placé au-dessus du réservoir un anneau séparé, de forme légèrement conique, et servant en même temps de support au cylindre de cristal, et on l'a percé soit de petites ouvertures d'une section totale équivalente à celle des mailles du treillis métallique, comme dans la lampe de Boty, ou d'orifices circulaires plus grands alternant sur deux rangs, et qui sont protégés par une bande de tissu métallique serré à l'intérieur de l'anneau. Cette dernière disposition rappelle la lampe d'Eloin, qui porte dans le rebord du récipient d'huile six grandes ouvertures rectangulaires, recouvertes de treillis, et qui est, en tout cas,

(1) *Zeitschrift für Berg-hütten-und Salinenwesen in dem preussischen Staate*, von Carnall. 1861.

plus rationnelle que la première, dont PONSON a déjà signalé les défauts; il faut donc une expérience plus prolongée pour démontrer si, comme on l'affirme, la toile métallique de chaque orifice se bouche moins promptement par la poussière, etc., et, par suite, protége mieux l'entrée régulière de l'air, que les treillis placés horizontalement dans l'intérieur des lampes avec admission d'air à travers l'huile découlant de la mèche, comme dans la lampe UPTON-ROBERTS. Quant aux prix, la nouvelle lampe avec prise d'air par ouvertures rectangulaires est un peu au-dessous de celle d'HÉROLD généralement usitée en Westphalie (1).

ÉTUDES SUR LA VENTILATION (2).

M. le général MORIN a entrepris, au Conservatoire impérial des arts et métiers, une série d'expériences sur la ventilation, dont nous ferons connaître les résultats principaux, au fur et à mesure de leur publication.

Les ventilateurs sont employés à des usages très-divers, aérage des mines, insufflation d'air dans les feux de forges et les foyers métallurgiques, enlèvement des poussières, assainissement des lieux habités, etc. Les types proposés sont fort nombreux, mais on possède peu d'expériences soigneusement faites, qui permettent d'apprécier la valeur relative et le rendement réel de ces appareils.

Les premières études faites dans ce sens par M. le général Morin portent sur le ventilateur à hélices de M. GUÉRIN. Cet appareil peut, selon le sens de sa rotation, servir pour l'aspiration comme pour l'insufflation de l'air.

---

(1) Nous ferons observer qu'en Belgique l'on emploie 30 à 40,000 lampes Mueseler et que à côté de la sécurité qu'elles présentent, on ne se plaint ni du défaut de clarté ni de l'obstruction des toiles. A l'exception d'un certain nombre de lampes Boty et Davy, aucune autre n'a été adoptée par les établissements belges. L. T.

(2) *Annales du Conservatoire impérial des arts et métiers.*

De l'ensemble d'un grand nombre d'expériences faites dans les conditions convenables, on a tiré des conclusions importantes à noter.

D'abord, les ventilateurs à hélices sont d'un emploi beaucoup plus avantageux quand ils fonctionnent par aspiration que par refoulement. Cette infériorité, dans le cas de l'insufflation, tient à ce que l'hélice agit comme une vis qui se meut dans un écrou fluide, et qu'une partie du fluide échappe à son action, tandis que l'autre reçoit un mouvement de translation longitudinal. Mais, outre ce mouvement, l'air reçoit de l'hélice un mouvement de rotation autour de l'axe de la machine, d'où résulte un développement de force centrifuge, qui rejette les molécules d'air de l'axe vers la circonférence. Par suite, quel que soit le sens du mouvement du ventilateur, il se produit vers l'axe une diminution de pression très-sensible, et au contraire, une augmentation de pression vers la circonférence. Quand le ventilateur aspire, cet effet est plutôt favorable que nuisible à son action, parce qu'il aide à l'échappement de l'air aspiré dans l'espace. Mais, quand l'appareil agit par insufflation, l'action de la force centrifuge rejette sans cesse à l'extérieur de l'enveloppe et par son orifice même d'introduction une partie de l'air admis dans le voisinage de l'axe, ce qui contribue à diminuer notablement le volume d'air insufflé par tour de la machine.

La force centrifuge produit, dans les ventilateurs à hélices, un autre effet non moins fâcheux au point de vue de l'utilisation du travail moteur, quand ils marchent pour insuffler de l'air. Elle détermine, en effet, des mouvements giratoires, d'où résultent des pertes de force vive et l'accroissement des résistances passives.

En cherchant le rendement de ces appareils, on a trouvé que si les hélices ont une longueur à peu près double de leur diamètre et forment deux demi-hélices, le rapport du volume d'air aspiré au volume Q' engendré par l'hélice est

$$\frac{Q}{Q'} = 0{,}570.$$

L'emploi des ventilateurs aspirants à hélices, bien propor-

tionnés, ne permet guère d'utiliser plus de 0,084 du travail moteur, en mesurant l'effet utile par la demi force vive imprimée à l'air.

Les ventilateurs à hélices employés à l'insufflation avec un tuyau de refoulement d'une certaine longueur (28 mètres, par exemple), et complètement ouvert, ne fournissent guère qu'un volume d'air égal à 0,337 du volume engendré par leur hélice.

Enfin, dans ce cas, le rendement de l'appareil, mesuré par la moitié de la force vive imprimée à l'air, n'est que 0,0393 du travail moteur.

Les ventilateurs à palettes courbes constituent une autre classe d'appareils d'aérage. On leur reproche ordinairement le ronflement qu'ils font entendre et dont l'intensité croît avec leur vitesse. M. Lloyd a cherché à éviter cet inconvénient dans un ventilateur qu'il appelle, pour cette raison, *noiseless-fan*.

Cet appareil se compose essentiellement d'un double tronc de cône en tôle, dont les deux grandes bases sont opposées l'une à l'autre, séparées ou non par un diaphragme, et dont les deux troncatures sont ou peuvent être ouvertes pour l'introduction de l'air. Dans l'intérieur se meuvent des palettes en forme d'aubes courbes trapézoïdales. Cette disposition générale est d'ailleurs un peu modifiée suivant qu'il s'agit d'un ventilateur aspirant ou d'un ventilateur insufflant.

En comparant le volume d'air Q aspiré par un ventilateur Lloyd au volume d'air Q_1 engendré par les ailettes de l'appareil, on a trouvé :

$$\frac{Q}{Q_1} = 1,40.$$

Ce système présente donc, dans l'aspiration, une grande supériorité sur le ventilateur à hélices, pour lequel on a vu ci-dessus que le rendement était de 0,572.

Pour un ventilateur Lloyd fonctionnant par insufflation on a trouvé, pour le rapport du volume d'air refoulé au volume d'air engendré par l'appareil :

$$\frac{Q}{Q_1} = 2,90.$$

Ce résultat très-favorable doit, comme le précédent, être attribué à l'action de la force centrifuge.

En somme, on voit que les ventilateurs à ailettes courbes sont supérieurs à ceux à hélices, et qu'à l'inverse de ces derniers, leur rendement est plus considérable dans l'insufflation que dans l'aspiration.

Les expériences dynamométriques ont de plus démontré que le rendement mécanique des machines Lloyd s'élève, en moyenne, à 0,160 du travail moteur, dans le cas d'insufflation, et 0,120 dans celui de l'aspiration.

Les mêmes séries d'expériences ont porté sur un ventilateur à palettes planes, et on en déduit, pour le rapport du volume d'air insufflé au volume engendré :

$$\frac{Q}{Q_1} = 1,022.$$

Ce nombre comparé à celui que donne le ventilateur insufflant de Lloyd laisse tout l'avantage à ce dernier.

Le rendement mécanique moyen a été 0.141 du travail moteur. Sous ce rapport, le ventilateur à ailes planes est très-supérieur aux ventilateurs à hélices, et un peu inférieur aux ventilateurs à aubes courbes et à enveloppes de Lloyd.

En expérimentant sur les mêmes ventilateurs à aubes planes avec des orifices d'écoulement plus petits que la section transversale du tuyau, on a reconnu que pour chaque ouverture d'orifice les volumes d'air insufflés sont proportionnels aux nombres de tours du ventilateur, et aux volumes engendrés par les palettes; mais ces deux rapports décroissent rapidement avec l'aire de l'orifice, de sorte que le ventilateur fournit d'autant moins d'air par tour et pour un même volume engendré par ses palettes, que l'orifice d'écoulement devient plus petit.

L'ensemble de toutes les expériences dont les résultats viennent d'être exposés, peut être résumé par le tableau suivant:

DÉSIGNATION DES APPAREILS.	MODE D'ACTION.	RENDEMENT DES VENTILATEURS.	
		EN VOLUME	EN EFFET UTILE.
Ventilateur à hélices de M. Guérin.	Aspirant.	0,572	0,084
	Insufflant.	0,534	0,059
Ventilateur Lloyd, à palettes courbes	Aspirant.	1,400	0,120
	Insufflant.	2,900	0,160
Ventilateur à palettes avec jeu de $0^m,04$	Refoulant.	1,060	0,161

Ainsi, dans tous les cas étudiés, les ventilateurs à hélices sont inférieurs aux ventilateurs à palettes courbes, pour l'aspiration comme pour le refoulement, et, dans ce dernier cas, le simple ventilateur à ailes planes est préférable au ventilateur à hélices, contrairement à une opinion assez répandue. Les ventilateurs à ailes courbes, indiqués par M. Combes dès 1838, ont une supériorité réelle pour l'insufflation de l'air ; mais, en général, on doit reconnaître que les ventilateurs ne sont pas des appareils avantageux au point de vue de l'utilisation de la force motrice.

NOUVELLE MACHINE D'EXTRACTION (1).

M. Lemielle s'est proposé d'éviter, dans les machines d'extraction pour les mines, l'inconvénient de l'enroulement des câbles sur les bobines ou les tambours. On sait, en effet, que c'est la cause la plus active de la destruction des câbles, et le

(1) Armengaud : *Génie industriel.*

mal augmente à mesure que croît la nécessité d'exploiter à des profondeurs plus grandes.

Le système d'extraction de M. Lemielle se compose d'une corde sans fin reposant, par une portion de sa longueur, sur la gorge d'une poulie qui reçoit le mouvement de la machine motrice, et qui, entraînant le câble dans sa rotation, fait monter un train tandis que l'autre descend.

L'adhérence de la corde à la poulie est produite par son propre poids et par celui des engins qu'elle supporte.

Dans ce système, il n'y a donc pas d'enroulement. Pour l'appliquer à une machine ancienne il suffit de donner à une bobine ordinaire un moyeu d'un diamètre fixe et de grandeur convenable pour qu'elle remplisse l'office de poulie motrice; alors les deux brins de la corde se rendent au puits par l'intermédiaire des molettes au lieu d'y aboutir directement.

La machine fonctionne dans un sens pour faire monter la cage ou la benne pleine, et, en sens contraire, pour la faire redescendre. Il en résulte qu'une moitié seulement de la longueur de la corde vient en contact avec la poulie, tandis que l'autre moitié ne fonctionne que par son poids, et demande moins de solidité.

Malgré la simplicité de ce système, on peut se demander si l'adhérence sur la poulie sera assez grande pour permettre d'élever, à une vitesse notable, une charge de 1000 à 1500 kilogrammes. Si l'on devait sacrifier une partie de l'effet utile de la machine au désir d'éviter l'inconvénient de l'enroulement et du déroulement successifs du câble sur la bobine, on serait obligé de multiplier le nombre des ascensions pour une même extraction, et le système perdrait tout son avantage. Néanmoins, l'idée mérite d'être examinée de plus près et soumise à la sanction de l'expérience.

II.

MÉTALLURGIE.

PUDDLAGE DE LA FONTE SULFUREUSE (1).

Bien des moyens ont été proposés pour atténuer les effets nuisibles du soufre dans l'affinage de la fonte, mais aucun ne paraît avoir complètement atteint le but. Le bioxyde de manganèse, dont l'emploi s'est assez répandu, réussirait bien s'il était fusible et se mêlait intimement à la fonte liquéfiée, mais, malgré le brassage, il n'exerce qu'une action oxydante locale, et souvent il renferme du cuivre dont la présence rend le travail du fer presque impossible.

Cette observation a conduit M. Robert RICHTER, professeur à Leoben (Styrie), à substituer au bioxyde de manganèse un oxyde fusible, et il a fait choix de l'oxyde de plomb comme désulfurant de la fonte.

Les expériences ont été faites à Frant-Schach, près de Wolfsegg, en Carinthie, à l'usine de M. le comte Henckel de Donnersmark. Elles ont porté sur du fer si fortement sulfureux qu'on n'avait jamais pu le laminer entre les cylindres dégrossisseurs.

Le puddlage a eu lieu dans des fours doubles au bois. Chaque chaude se composait de 392 kil. Deux expériences comparatives ont été faites, et afin d'exagérer les conditions défavorables, on a introduit avec le fer de l'une d'elles $1^k,68$ de sulfure et $0^k,28$ de phosphure de fer. Après fusion complète de la matière, on a ajouté $1^k,680$ de litharge, et on a brassé vivement. Le plomb, qui se réduisait, s'oxydait de nouveau au contact de l'air, et son action était ainsi régénérée. Puis il se forma une scorie plombeuse qui continua d'agir sur la fonte. Une heure et demie après l'introduction de la litharge, on a formé et cinglé les balles, puis on les a laminées en barres brutes.

---

(1) *Berggeist.*

Dans l'autre opération, effectuée sans le secours de la litharge, les balles ne se sont formées qu'au bout de deux heures et demie ; il a fallu beaucoup de soin pour ne pas les écraser sous le martinet, et on n'a pu les laminer.

Le déchet de ce puddlage ordinaire a été de 18 %, tandis que celui de l'opération exécutée avec la litharge n'était que de 11 %.

Au lieu de litharge, on peut employer du plomb, qui s'oxyde rapidement pendant le puddlage et produit le même effet.

PUDDLEUR MÉCANIQUE.

On cherche aujourd'hui à remplacer dans toutes les industries la force de l'homme par celle des machines, et à donner à l'ouvrier un rôle intelligent, au lieu de le réduire à développer de purs efforts musculaires. Une tentative intéressante dans ce sens a été faite récemment dans le domaine de la métallurgie.

MM. Duméry et Lemat (1) ont inventé un *puddleur mécanique*, qui a été essayé par eux aux forges de Closmortier, et qui permet un travail plus rapide et plus complet de la fonte, d'où il résulte économie dans la fabrication et amélioration de la qualité, tout en diminuant la fatigue du puddleur.

Le problème paraissait difficile à résoudre, eu égard à la variété de mouvements que le puddleur imprime à son ringard dans toutes les parties du four, et on l'a borné au *brassage* de la fonte.

Un four ordinaire se prête bien à l'application du nouvel appareil, et l'outillage n'a nullement besoin d'être modifié. L'appareil est installé au-dessus du four de manière à n'en point gêner l'abord. Le puddleur le commande ou l'arrête à l'aide d'un tendeur. Un balancier suspendu à la charpente pend au devant du four, et on attache à son extrémité les crochets et autres outils. Le balancier reçoit d'une bielle et d'une coulisse

(1) *Crédit minier.*

directrice un mouvement complexe d'oscillation dans un plan qui oscille lui-même à droite et à gauche de l'axe de la porte. Ce double mouvement permet à l'outil de parcourir toutes les parties du four, comme s'il était guidé par la main de l'ouvrier, mais en produisant un brassage plus énergique et plus continu.

Quand le fer a pris nature, on arrête la machine, on détourne le balancier, et le puddleur continue son travail à la manière ordinaire.

L'emploi du puddleur mécanique permettra d'augmenter la capacité des fours à puddler, et, par suite, de mieux utiliser la chaleur. On peut alors lui faire mettre en mouvement plusieurs ringards à la fois, introduits sur la sole par des ouvertures multiples, tandis qu'une porte de travail reste libre pour permettre à l'ouvrier de surveiller les progrès de l'opération.

NOUVELLE MÉTHODE DE PUDDLAGE (1).

M. R. Ostlund, en Suède, a imaginé une méthode de puddlage qui présente de l'analogie avec quelques procédés déjà connus, mais qui s'en distingue en ce que le courant d'air est amené au-dessus de la surface de la fonte en même temps qu'un courant d'oxyde de carbone, dont la combustion produit la température voulue, et en ce que l'appareil de Ostlund permet le ballage de la matière pâteuse comme dans le puddlage ordinaire, tandis que l'appareil de Bessemer réclame la fluidité des matières.

Dans le four Bessemer, le vent est surtout destiné à faire prendre nature au fer; il sert, dans l'appareil Ostlund, presque uniquement pour brûler les gaz, et les conditions de fonctionnement sont à peu près celles du four à puddler.

L'appareil comprend un générateur de gaz et un creuset où le fer se produit. Ce creuset est muni d'un mécanisme propre

(1) Bornemann et Kerl : *Berg-und hüttenmännische Zeitung.*

à le mettre en mouvement, en lui imprimant une rotation autour de son axe. On le garnissait intérieurement d'un lut formé de quartz et d'argile, mais on y a substitué une couche de scories provenant du ballage.

Le gaz du générateur arrive dans le creuset par un tuyau de 4 1/2 pouces de diamètre, et l'air qui doit lui servir de comburant par un tuyau de 1 1/2 pouce.

On n'introduit la fonte dans le creuset qu'après l'avoir chauffé de manière à produire un ramollissement des scories, ce qui exige 1 h. 1/2 avec le gaz.

Quand on commence à introduire le gaz, il faut avoir soin de placer dans le creuset quelques charbons incandescents; si malgré cela le gaz s'éteint, on l'allume avec une flamme. Le générateur est muni d'un registre pour régler l'arrivée du gaz.

L'opération comprend trois périodes : 1° élévation de la température jusqu'à l'ébullition; 2° ébullition; 3° fin de l'ébullition et ballage.

Après qu'on a introduit la fonte, on verse dans le creuset 2 à 3 pelletées de scories, qui abaissent la température et rendent le fer pâteux, en produisant une vive effervescence, tandis que le creuset tourne avec une vitesse de 30 à 40 tours par minute. Ce mouvement de rotation facilite le travail d'affinage.

Il faut, comme dans le puddlage ordinaire, surveiller soigneusement la température du creuset et de la fonte. Une température trop élevée et de la fonte trop fluide retardent le commencement de l'ébullition et en prolongent la durée. Une température trop basse laisse figer une partie de la matière qui se colle aux parois. Quand tout est bien réglé, l'ébullition commence environ cinq minutes après l'introduction de la fonte et dure à peu près dix minutes.

EXPÉRIENCES SUR LA CONSTITUTION DE L'ACIER (1).

M. C. Binks a entrepris une série d'expériences, analogues à celles de Saunderson, sur la fabrication et la véritable composition de l'acier, et a été conduit à des résultats importants qui sont relatés ci-dessous.

Les essais ont porté sur du fer soumis à différents réactifs à la chaleur du rouge vif, comme dans les caisses de cémentation. Ces recherches ont conduit M. Binks aux conséquences suivantes :

1° Une petite barre de fer enveloppée de charbon de bois de buis, dans un tube de porcelaine fermé et maintenu au rouge vif pendant douze heures, n'a présenté, après la trempe, aucune surface dure d'acier, et chauffée à différentes températures, n'a point montré la succession des couleurs particulières à l'acier véritable. Elle était restée fer malléable.

2° Mais quand l'air atmosphérique est admis avec précaution et en quantité telle que le carbone reste en excès, la surface du fer d'abord, et enfin, par un contact suffisamment prolongé, la barre tout entière se convertit en acier.

3° L'emploi de l'azote ne donne pas d'acier.

4° L'oxyde de carbone ne transforme pas non plus le fer en acier.

5° En traitant le fer dans le tube par un courant d'un hydrocarbure, tel que le gaz oléfiant, ou en plongeant la barre rouge dans de l'huile dépourvue d'azote, on ne produit pas d'acier.

6° Mais l'emploi d'un mélange de gaz oléfiant et de gaz ammoniac ou celui du cyanogène, produit de l'acier aussi bien que l'immersion du métal rouge dans une huile azotée ou dans de la graisse.

7° Le ferrocyanure de potassium produit de l'acier, comme on le sait depuis longtemps.

---

(1) *Scientific american.* — Le travail de M. Binks a été publié en entier dans le tome V de la *Revue universelle;* nous croyons toutefois devoir conserver ce résumé pour ceux de nos abonnés qui ne possèdent pas les livraisons de 1859.

8° Il en est de même de l'emploi du simple cyanure de potassium.

9° On n'obtient pas d'acier en traitant le fer chaud par la potasse ou la vapeur de potassium.

10° Avec le fer doux, qui ne renferme pas de proportion appréciable de carbone, l'emploi du gaz ammoniac ou du chlorhydrate d'ammoniaque ne produit pas d'acier.

11° Mais le gaz ammoniac ou le chlorhydrate d'ammoniaque transforment en acier le fer qui renferme une forte proportion de carbone, 5 % par exemple.

Ces résultats, avec la composition chimique des réactifs, sont résumés dans le tableau suivant :

1°	Fe + C en excès, sans intervention d'autres éléments,	fer.
2°	Fe + C en excès, avec admission d'air atmosphérique,	acier.
3°	Fe + Az azote.	fer.
4°	Fe + Co oxyde de carbone	fer.
5°	Fe + C^4H^4 gaz oléfiant.	fer.
6°	Fe + C^4H^4 en excès + AzH^3 gaz ammoniac . .	acier.
7°	Fe + C^2Az cyanogène	acier.
8°	Fe + K^2FeCy^4 ferrocyanure de potassium. . .	acier.
9°	Fe + KCy cyanure de potassium.	acier.
10°	Fe + Ko potasse	fer.
11°	Fe + K potassium	fer.
12°	Fe + AzH^3 gaz ammoniac.	fer.
13°	Fe + AzH^4Cl. chlorhydrate d'ammoniaque. . . .	fer.
14°	$\frac{Fe + C}{95 \quad 5}$ + AzH^3 gaz ammoniac	acier.
15°	$\frac{Fe + C}{95 \quad 5}$ + AzH^4Cl chlorhydrate d'ammoniaque.	acier.

L'auteur conclut de ces faits expérimentaux que les substances susceptibles de convertir le fer en acier renferment de l'azote et du carbone, ou que l'azote a accès pendant l'opération, et se trouve en contact avec le fer.

Le carbone seul est impuissant à aciérer le fer.

Il en est de même de l'azote seul.

Mais il est essentiel que le carbone et l'azote agissent en-

semble, et on ne peut citer aucun cas d'aciération où ces éléments ne se soient pas trouvés tous les deux en présence du fer.

L'azote et le carbone coexistent dans l'acier après sa formation, et c'est leur présence qui différentie les propriétés de l'acier de celles du fer, dans lequel ces éléments ne se trouvent pas.

Il est présumable (mais non démontré) que l'état de combinaison n'est pas celui du cyanogène, quoique ce composé joue un rôle important dans l'aciération, mais qu'il se produit un alliage triple de fer, de carbone et d'azote. De nouvelles expériences sont nécessaires pour élucider ce point, et déterminer les proportions relatives des éléments dont la réunion constitue l'acier véritable.

PRODUCTION DU CUIVRE DE CÉMENT AU MOYEN DE L'ÉPONGE DE FER (1).

D'après une communication de M. Stalsberg, il a été pris récemment un brevet par Ad. Aas, de Thydal (Norwège), pour un moyen de précipiter le cuivre des liqueurs cuprifères au moyen de l'éponge de fer.

Pour cela, on grille ensemble de la pyrite de fer avec un peu de pyrite de cuivre et au plus 2 à 3 % de cuivre; les grains sont séparés de la couche d'oxyde, ensuite lavés, puis grossièrement pulvérisés, mélangés d'un peu de menu charbon, et réduits au moyen d'un générateur de gaz, où se produit du fer spongieux, qui précipite rapidement le cuivre d'une dissolution un peu chaude.

Pour la régénération de l'éponge de fer, il n'est besoin que d'un peu de combustible, et son prix de revient est de beaucoup inférieur à celui de la fonte. Pour précipiter 100 livres de cuivre de cément à 30 % de cuivre, on consomme 2 1/2 à 3 fois son poids d'éponge de fer.

(1) Bornemann et Kerl : *Berg-und hüttenmannische Zeitung*.

Ce procédé présente sur la méthode de précipitation du cuivre de SINDING, au moyen de l'hydrogène sulfuré gazeux suivie à Foldal, l'avantage d'être économique et d'éviter l'affinage toujours difficile du sulfure de cuivre précipité. Dans ce dernier procédé, on distille le soufre dégagé des pyrites cuivreuses à l'état gazeux sec, et le résidu est passé au four à manche pour matte crue avec les fragments faiblement grillés, et celle-ci fondue pour cuivre noir, ou bien le sulfure de cuivre débarrassé du soufre libre est soumis à une fonte crue, et le produit rôti et mélangé avec des minerais ordinaires grillés à mort est fondu pour cuivre noir. La matte riche provenant uniquement du sulfure de cuivre ne se laisse griller que difficilement, et occasionne des pertes de cuivre très-fortes dans les opérations ultérieures.

On doit faire à Foldal des essais comparatifs de la méthode d'Aas et de celle de Sinding.

III.

CONSTRUCTION.

SUR LES BÉTONS AGGLOMÉRÉS (1).

M. François COIGNET s'est beaucoup occupé, depuis plusieurs années, et non sans succès, de trouver des applications au produit qu'il désigne sous le nom de *bétons agglomérés*. Ces matériaux de construction artificielle se composent simplement de sable, de chaux, et d'une faible quantité de ciment; ils sont préparés presque à sec, parfaitement triturés et vigoureusement comprimés. Il en résulte une pâte de pierre, faisant prise rapidement et constituant, au bout de quelques jours, une construction monolithe d'une grande dureté.

Tout récemment, l'inventeur des bétons agglomérés a appelé

(1) *Presse scientifique des Deux Mondes.*

l'attention sur un nouvel emploi qu'il en propose, et bien qu'il soit difficile de se prononcer à priori sur la valeur de la méthode, l'idée mérite d'être prise en considération et l'expérience pourra être tentée. Il s'agit du cuvelage des puits.

Le principe de cette application réside dans l'imperméabilité du béton aggloméré et dans sa résistance à l'écrasement. On procéderait, comme dans le muraillement des puits, par anneaux successifs de maçonnerie, construits au jour, et qui s'enfoncent par leur propre poids quand on vient à draguer l'intérieur du puits. Le tout serait supporté par un soc circulaire en fonte, et l'anneau de béton pourrait avoir une largeur de soixante centimètres et au-delà.

Les diverses assises de béton se soudent parfaitement et l'on réalise la condition avantageuse de n'avoir aucun joint à rendre étanche.

La surface extérieure du tube de béton peut, par un simple lissage à la truelle, devenir beaucoup plus polie que celle d'un cuvelage en fonte, et présenter une moindre résistance à la descente. Le poids plus considérable du béton, eu égard à son épaisseur, faciliterait encore l'enfoncement du tube. Cependant, nous ne pouvons partager toutes les convictions de l'inventeur sur la possibilité de descendre aisément un pareil tubage à de grandes profondeurs. L'énorme pression des terres, agissant à la manière d'un étau, sera toujours l'obstacle principal que rencontrera une pareille opération.

Quant à la résistance à l'écrasement, elle est très-considérable dans le béton aggloméré, et ne serait certes pas surpassée par le poids d'une colonne d'eau de cinq cents mètres de hauteur.

Le béton présente sur l'emploi du bois et de la fonte pour cuvelage l'avantage de ne pas se pourrir comme le premier, ou s'oxyder ou se sulfurer comme le métal. Il est moins coûteux que la fonte, et le mode de construction est fort simple.

Toutes ces considérations ont conduit M. Coignet à suggérer l'idée d'employer les bétons agglomérés au tubage des puits de mine. Il resterait à démontrer que la cohésion de la matière est assez considérable pour résister aux efforts de glissement d'un terrain coulant, car cette propriété n'est pas complètement en

rapport avec la résistance à l'écrasement. Quoi qu'il en soit, et dans des circonstances ordinaires, ce système pourrait être appelé à rendre des services, et demande à être étudié par les ingénieurs compétents.

BÉTON BITUMINEUX (1).

L'importance des applications du bitume depuis une vingtaine d'années a conduit à essayer d'en faire un nouveau béton destiné à remplacer, au moins dans des cas spéciaux, les bétons de chaux hydraulique, et qui leur est préférable pour certaines constructions. Dans l'établissement des chaussées en asphalte comprimé, qui ont été essayées dans plusieurs rues de Paris, on a effectivement reconnu que les bétons de chaux, à ce point de vue particulier, présentent l'inconvénient d'être très-longs à prendre et de ne pas offrir un degré de solidité et de sécheresse suffisant, quand on doit les recouvrir de l'enduit bitumineux. De plus, ils sont dépourvus d'élasticité, se gonflent par la gelée en brisant la couche bitumineuse, ou lui font des soufflures, quand il reste des parcelles de chaux non éteinte.

M. Gannal a proposé de remplacer ce béton par un nouveau béton bitumineux, s'appliquant à chaud par pilonnage et compression. Ce béton se compose de sable aggloméré par une substance bitumineuse quelconque, telle que bitumes naturels, brais de gaz, de schiste, de résine, résidus d'épuration des bitumes naturels, molasses bitumineuses, grès bitumineux, vieux mastics asphaltiques, etc.

La dépense en bitume varie avec la richesse du produit employé, mais ne s'élève qu'à 5 ou 6 % de la matière bitumineuse pure.

La préparation du béton bitumineux se fait de la manière suivante :

Sur le sable, préalablement chauffé à 130 ou 150° C., on verse la matière bitumineuse en fusion, et on mélange le tout avec

(1) *Moniteur scientifique* du Dr Quesneville.

un ringard. La masse prend peu à peu une consistance grasse, mais garde l'état grenu, parce qu'elle ne renferme pas assez de bitume pour fondre.

Par refroidissement, le produit donne une masse poreuse, peu résistante; mais si on l'applique quand la température est encore de 110 ou 120° C., et qu'alors on le pilonne fortement, il acquiert en quelques minutes une grande dureté et une imperméabilité complète.

Ce mode de fabrication du béton est économique en ce que les matières bitumineuses y entrent en faible proportion et sont des résidus presque sans valeur, tels que les débris de vieux mastics, qui trouvent ainsi à être avantageusement employés.

Le travail est facile, et deux hommes peuvent aisément préparer 2 mètres cubes de béton dans une journée de 10 heures.

DES DIVERS SYSTÈMES DE COUVERTURE (1).

On entend par *couverture* l'assemblage de matériaux divers qui recouvre l'extérieur des combles, et dont le but est de rejeter en dehors des constructions la pluie, la neige ou la grêle.

Ces matériaux doivent satisfaire à des conditions complexes de résistance, de légèreté, de facilité de travail, d'aspect et d'économie. Leur choix est en outre lié directement à la forme et à l'inclinaison du comble à revêtir.

Le chaume fut d'abord employé, mais il se retrouve à peine aujourd'hui dans les campagnes. Il présentait l'avantage d'être d'un emploi facile, d'un prix modique, d'un faible poids, d'une durée relativement longue; mais il favorise éminemment le développement des incendies.

L'emploi de bardeaux en bois de merrain fut autrefois presque général dans les grandes villes pour la couverture. Ils ont été abandonnés par le même motif que le chaume, et aussi parce que le bois convenable est devenu rare et cher.

---

(1) *Revue générale de l'architecture et des travaux publics*, publiée par M César DALY

On ne les retrouve plus que dans certaines contrées, telles que le Tyrol, où ils sont d'un usage traditionnel.

Dans ces derniers temps, on a beaucoup employé le papier ou carton bitumé sur une ou sur les deux faces. Cette couverture n'oppose qu'une résistance insuffisante à la force des vents; elle est altérable par les intempéries des saisons, combustible facilement, et ne convient que pour des abris provisoires.

Les papiers bitumés forment des rouleaux de $0^m,80$ de largeur sur une longueur indéterminée. On les étend sur les solives, par rangs horizontaux, en commençant par le bas de la toiture, avec recouvrement de $0^m,05$ à chaque joint. On les maintient en place par des liteaux de bois, espacés de $0^m,35$ à $0^m,40$ suivant les lignes de plus grande pente du comble. Le tout est enduit d'une couche de goudron de gaz.

On emploie encore, pour les hangars, appentis et autres constructions légères, le carton bitumé et sablé, le carton préparé avec un enduit à base métallique, le bitume laminé sur du papier ou sur toile.

Dans ces dernières années, on a proposé une matière qui paraît préférable aux précédentes, le *carton-cuir*, fait avec des matières solides, de vieux cordages, et imprégné d'un enduit bitumineux et sablé. M. Desfaux, fabricant de ce carton, le fournit, tout posé, à Paris, au prix de fr. 1,25 le mètre carré.

La couverture en tuiles, employée dès l'antiquité, est aujourd'hui d'un usage général. La terre cuite convient en effet très-bien à cet emploi par sa résistance, la facilité de sa préparation, sa durée et ses propriétés isolantes. Le reproche que l'on peut faire avec raison aux tuiles consiste dans leur poids.

Les *tuiles plates* sont les plus répandues dans les pays du Nord, tandis que la tuile creuse, destinée aux toits à faible pente, est principalement usitée dans le Midi.

Les tuiles plates peuvent se classer en deux groupes, en prenant pour types le *grand moule* et le *petit moule* de Bourgogne; ce sont les plus estimées en France. A Paris, on n'emploie que les tuiles grand moule de Bourgogne et de Montereau.

Les tuiles *de pays*, à peu près égales en dimensions à celles petit moule de Bourgogne, leur sont de beaucoup inférieures en qualité.

Leurs dimensions sont les suivantes :

Grand moule . . . . $0^m,30 \times 0^m,25$ — Poids : $2^k,400$.

Petit moule. . . . . $0^m,24 \times 0^m,195$ — Poids : $1^k,320$.

L'épaisseur commune est d'environ $0^m,015$.

Les tuiles plates s'accrochent sur le toit à un lattis disposé à cet effet. Elles forment des rangées horizontales qui le recouvrent de la base au faîte, à joints alternatifs, en laissant au pureau une largeur de $0^m,11$ pour le grand moule et de $0^m,08$ pour le petit.

Les pans d'un comble couvert en tuiles plates se raccordent avec le faitage au moyen des *tuiles faitières* qui présentent la forme d'un demi cylindre. Ces *faitières* se posent sur des tuileaux, en les espaçant les unes des autres de $0^m,05$. Elles sont reliées à la toiture par des *embarrures*, et entre elles par des *crêtes*, c'est-à-dire par un remplissage en plâtre.

Pour éviter ces crêtes, qui se dégradent rapidement, on se sert de *faitières à bourrelet*, dont l'assemblage se fait par emboîtement. Elles ont $0^m,32$ de longueur, plus le bourrelet, sur $0^m,29$ de largeur en plan, et coûtent $0^{fr},60$ pièce.

La faitière ordinaire, grand moule de Bourgogne, a $0^m,36$ de longueur et vaut $0^f,55$; la faitière, petit moule, vaut $0^f,45$.

Les *tuiles creuses* fabriquées en Bourgogne, ont, après leur développement sur un plan, la forme d'un trapèze de $0^m,37$ de hauteur avec des bases respectivement de $0^m,25$ et $0^m,20$. Elles sont courbées de manière à figurer une surface conique de $0^m,08$ de profondeur à un bout et $0^m,065$ à l'autre. En projection horizontale, les largeurs intérieures sont $0^m,19$ et $0^m,16$.

On les dispose sur les couvertures en formant d'abord des lignes de tuiles placées par leur côté convexe suivant la pente du toit, avec recouvrement aux joints de $0^m,07$ à $0^m,12$. Puis on recouvre les vides qui séparent ces rangées par de nouvelles tuiles posées en sens inverse, c'est-à-dire leur surface convexe en dessus. Ce système a l'inconvénient d'obliger à un remaniement assez fréquent, parce que les joints horizontaux se remplissent de mousse qui permet l'infiltration de l'eau dans la couverture par une action de capillarité.

Le principal défaut de toutes les anciennes tuiles est leur

poids considérable. On s'est donc préoccupé, dans ces derniers temps, de le diminuer, et aussi d'utiliser une plus grande surface, car la tuile plate ordinaire ne présente en surface découverte que les $\frac{11}{30}$ de sa surface totale, et la tuile creuse les $\frac{2}{5}$.

Les tuiles nouvelles peuvent se distinguer en rectangulaires et losangiques.

Les premières sont de deux types :

1° Tuiles rectangulaires à joint vertical continu. Elles ont été inventées, en 1847, par MM. Gilardoni frères, d'Altkirch (Haut-Rhin).

La tuile Gilardoni n° 2 a $0^m,38$ sur $0^m,23$; elle utilise, en partie découverte, environ les 3/4 de la surface totale. Elle présente à gauche une cannelure large de $0^m,015$ et de la même profondeur, creusée entre deux légers rebords en saillie sur la face extérieure de la tuile. A droite, se trouve un couvre-joint portant en dessous une nervure qui s'emboîte dans la rainure de la tuile voisine. Une nervure médiane renforce la tuile suivant sa longueur, et se termine à ses deux extrémités par des saillies qui constituent une espèce d'agrafe; en haut et en bas sont des rebords à haut relief, le premier en dessus et le second en dessous, formant le joint horizontal.

Ce type a été perfectionné dans la tuile n° 3, et imité par M. Fox, à St-Genix Laval, près Lyon.

On range dans la même classe les boîtes de MM. Mar et Leprevost, à Bourbonne-les-Bains, composées de deux larges cannelures demi-circulaires, réunies par une forte baguette, et aussi les *pannes* et la tuile hollandaise de M. Mosselman (St-Lô).

2° Tuiles rectangulaires à joint vertical discontinu, s'assemblant par chevauchement.

La tuile Gilardoni n° 1 appartient à ce type. Elle a été imitée ou modifiée par un grand nombre de fabricants, particulièrement MM. Martin frères, à Marseille, Guével frères, près Nancy, etc.

Dans la classe des tuiles losangiques, on comprend toutes les tuiles s'assemblant entre elles par joints obliques, tandis que les précédentes n'admettent que des joints horizontaux et verticaux.

Ces tuiles se prêtent surtout à l'ornementation et fournissent des effets souvent très-satisfaisants, par la combinaison de couleurs diverses.

On connaît les tuiles losangiques régulières de M. Courtois (Paris), exactement carrées, unies sur les deux faces, avec crochet d'attache et talons de relevée à l'angle de tête, et talons de retombée à l'angle opposé. L'inconvénient de ce système est de présenter des lignes brisées à l'écoulement de la pluie, au lieu de la laisser couler suivant la ligne de plus grande pente, ce qui facilite le rejet rapide des eaux.

Les tuiles losangiques de MM. Ducroux, à Romamèche, sont plus hautes que larges, ce qui est plus satisfaisant pour l'effet que les précédentes. Celles de MM. Mar et Leprévost (Bourbonne-les-Bains) sont hexagonales; elles sont d'un aspect agréable.

Les tuiles losangiques irrégulières sont principalement fabriquées par MM. Josson et Delangle, à Anvers, et MM. Deminuid, à Paris. Elles se prêtent à l'ornementation.

Aux tuiles architecturales, il convient de joindre les tuiles vernissées, dont l'usage est encore rare en France, mais qui sont fort employées en Bavière.

DE LA CONSTRUCTION DES CHEMINÉES D'USINES.

Les ingénieurs qui ont à établir des projets d'usines manquent fréquemment de termes de comparaison ou de données pour l'exécution des ouvrages de détail, que l'on regarde trop souvent comme accessoires. L'importance des cheminées industrielles et les difficultés que présentent leur calcul théorique et leur construction ont amené M. Mathieu (1) à résumer dans une *Etude* les principes qui doivent présider à l'installation de maçonneries qui ont une si grande influence sur le rendement des appareils à vapeur et des foyers métallurgiques. Il a paru

(1) *Annales de construction* d'Oppermann. 1861.

utile d'extraire de ce travail, pour les lecteurs de la *Revue universelle*, la suite des règles auxquelles on doit se conformer en pareil cas.

On rappellera simplement les formules qui servent à déterminer les dimensions des cheminées, parce qu'elles se trouvent démontrées dans plusieurs ouvrages spéciaux.

L'effet que doit produire la cheminée est donné par la question, car il se réduit à effectuer la combustion d'un poids connu de combustible dans un certain temps, ou à appeler, dans le même temps, un volume d'air donné.

Il faut donc connaître :

1° La quantité d'air nécessaire à la combustion : elle est, en pratique, plus considérable que celle que l'on détermine théoriquement, car il échappe à la combustion une quantité d'air qui varie de un demi à un tiers. M. Péclet a dressé des tables qui font connaître les quantités d'air théoriques et pratiques nécessaires à la combustion de 1 kilogramme des principaux combustibles.

2° Le volume de gaz passant par la cheminée. On le déduit de la composition du combustible, car le volume primitif est augmenté de la vapeur d'eau dégagée par le combustible et des gaz autres que l'oxyde de carbone. M. Péclet a également calculé les résultats correspondant à plusieurs combustibles usuels.

La *puissance* d'une cheminée dépend de sa *hauteur*, de la *température moyenne* que les gaz y conservent, et de sa *section*.

La hauteur et la vitesse sont liées par la formule :

$$v = \sqrt{\frac{2gHa(t'-t)D}{D+2gK(L+N)}},$$

dans laquelle :

v = vitesse de la fumée ;

g = 9,8088 ;

H = hauteur de la cheminée;

a = 0,00367 coefficient de dilatation de l'air;

t' = température moyenne de l'air dans la cheminée;

t = température de l'air extérieur;

L = développement du canal de fumée, depuis le foyer jusqu'au pied de la cheminée;

D = diamètre de ce canal, que l'on suppose être aussi celui de la cheminée;

K = coefficient constant pour une même nature de cheminée : 0,0127 pour les cheminées en poterie; 0,005 pour les cheminées en tôle; 0,0025 pour les cheminées en fonte ou celles tapissées de suie.

L'expression précédente peut se mettre sous la forme

$$v = \sqrt{\frac{\mathrm{H}a(t'-t)}{\mathrm{G}}},$$

G étant un nombre constant pour une cheminée donnée, et fonction de sa nature, de sa forme et de ses dimensions.

Le volume d'air V écoulé en une seconde par une cheminée carrée dont le côté est D est :

$$\mathrm{V} = v\mathrm{D}^2;$$

par suite le poids P de ce volume d'air est :

$$\mathrm{P} = 1^{k},3\ \mathrm{D}^2\sqrt{\frac{\mathrm{H}a}{\mathrm{G}} \times \frac{t'-t}{(1+at')^2}}.$$

En supposant $t' = 300^{\circ}$ et $t = 12^{\circ}$, l'effet maximum produit par le tirage est :

$$\mathrm{P} = 0{,}63\ \mathrm{D}^2\sqrt{\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{G}}}.$$

La section d'une cheminée dépend de toutes les résistances que la colonne d'air chaud doit vaincre dans son trajet. Il faut d'abord évaluer celle qui résulte du foyer.

La résistance du foyer à l'écoulement des gaz peut être représentée par l'expression

$$\mathrm{R}\,\mathrm{K}\,v^2,$$

dans laquelle :

R = coefficient expérimental;

K = nombre constant pour un même état du canal;

v = vitesse d'écoulement de l'air à la partie supérieure du conduit.

La résistance opposée par la circulation dans le canal et dans la cheminée est de la forme

$$K \times \frac{Lv^2}{D},$$

L étant le parcours total de la fumée et D le diamètre du tuyau ou le côté du canal, si la cheminée est carrée.

On a donc :

$$P - p = K\left(\frac{Lv^2}{D} + Rv^2\right),$$

P étant la pression qui produit l'écoulement des gaz et p étant la pression qui produit la vitesse effective v à la sortie du tuyau.

On en déduit :

$$v = \sqrt{\frac{2gPD}{D + 2gKL + 2gRD}}.$$

En prenant K = 0,0025 (cheminée qcq. tapissée de suie), et R = 0,61, on a :

$$v = \sqrt{\frac{2gPD}{13D + 0{,}05L}}.$$

Le volume d'air chaud qui doit s'écouler en une seconde est :

$$V = \frac{QV_1(1 + 0{,}00367t')}{3{,}600},$$

où V_1 = volume d'air frais nécessaire à la combustion de 1 kil. de combustible.

En supposant la cheminée carrée,

$$V = vD^2 = \sqrt{\frac{2gPD^5}{13D + 0{,}05L}},$$

d'où
$$D^5 = \frac{V^2(13D + 0{,}05L)}{2gP}.$$

Quand on construit une cheminée commune à plusieurs fourneaux, on lui donne généralement une section égale à la somme des sections des cheminées partielles qui correspondraient à chaque fourneau, ce qui conduit à une section un peu trop grande.

Quand les cheminées doivent desservir des fourneaux, elles sont promptement tapissées de suie, et alors elles se comportent de la même manière, quelle que soit leur nature. On peut donc employer dans leur construction le métal, la brique, la maçonnerie parementée de brique, ou la poterie.

Pour les cheminées en métal, on a essayé l'emploi du cuivre, mais on y renonce à cause de la rapidité de son altération, surtout quand on brûle de la houille. Le fer et la fonte valent mieux, mais on préfère généralement la tôle, enduite extérieurement d'une couche de chaux ou de goudron. Si l'on n'a pas à craindre une trop haute température, on emploie très-bien la tôle galvanisée (recouverte de zinc) ou peinte avec un mélange de fer et de zinc. On ne donne guère à ces cheminées plus de 12 à 15 mètres de hauteur. Leur prix de revient, compris le montage, est de $0^f,75$ à $0^f,80$ le kilogramme.

La section la plus convenable pour les cheminées en briques et en maçonnerie est celle qui offre le périmètre minimum, c'est-à-dire la section circulaire ou polygonale à côtés nombreux.

L'épaisseur de la maçonnerie, au sommet, est de $0^m,11$, largeur d'une brique ordinaire. On prend $0^m,015$ à $0^m,018$ par mètre courant pour le fruit intérieur m, et $0^m,024$ à $0^m,030$ pour le fruit extérieur m'.

D'après cela, on a les relations :

$$D = d + 2 H m,$$
$$D' = (d + 0.22) + 2 H m' = d' + 2 H m',$$

dans lesquelles H est la hauteur de la cheminée,

d le diamètre intérieur au sommet,
d' le diamètre extérieur id.
D le diamètre intérieur à la base.
D' le diamètre extérieur id.

A Paris, le prix du mètre cube de maçonnerie de briques de Bourgogne, pour cheminées, est de 78 à 80 francs. Le mètre cube de maçonnerie en briques de pays, non compris le rejointoiement, coûte de 50 à 55 francs. Le mètre cube de briques réfractaires vaut 110 francs, et le mètre carré de rejoin-

toiement se paie $0^{f},75$. Les constructeurs de Paris se chargent aussi de monter les cheminées dont on leur fournit les matériaux, à raison de 10 à 15 francs de main-d'œuvre par mètre cube.

NOUVELLES FORMULES POUR LE CALCUL DES DIMENSIONS DES VOUTES (1).

M. MARGUET, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et professeur à l'école spéciale de Lausanne, a cherché à établir des formules simples et pratiques pour le calcul de l'épaisseur des culées dans les voûtes en plein cintre, en anse de panier et en arc de cercle. Il a paru utile de reproduire les principaux résultats de ce travail, qui s'écartent quelque peu de ceux généralement admis.

L'auteur a adopté, pour déterminer l'épaisseur E de la voûte à la clé, la formule de M. LÉVEILLÉ

$$E = \frac{1}{3}(1 + 0{,}2R),$$

R étant le rayon de l'intrados du berceau.

Ceci posé, et en admettant, comme on le fait d'ordinaire, que la section de rupture fait un angle de 30° avec l'horizontale, le rayon R' de l'extrados de la voûte en plein cintre se calcule par la relation

$$R' = \frac{\overline{(R + 2E)\,0{,}866}^2 + \frac{R^2}{4}}{R}.$$

M. Marguet prend ensuite pour valeur de l'épaisseur de la culée à la naissance

$$E' = \sqrt{\frac{2SG}{H}},$$

où les lettres ont les significations suivantes :

(1) *Nouvelles annales de construction*, d'OPPERMANN.

S, surface de la voûte;

G, distance de son centre de gravité à l'axe horizontal mené par le centre d'intrados;

H, ordonnée du point d'intersection de l'extrados circulaire avec le rayon à 30°, en prenant la longueur du joint suivant ce rayon égale au double de l'épaisseur à la clé.

Le calcul et les résultats d'expériences ont conduit M. Marguet à des formules pratiques d'un emploi plus simple. Il a reconnu que pour des ouvertures de 1^m à 8^m les épaisseurs des culées peuvent être obtenues, plutôt par excès que par défaut, au moyen de l'équation linéaire

$$y = 0,2257\,x + 0,42,$$

en mettant pour x l'ouverture de la voûte diminuée d'une unité.

De 8^m à 40^m et au-delà, les épaisseurs des culées sont représentées par

$$y = 0,206\,x + 2,$$

en mettant pour x l'ouverture de la voûte diminuée de 8 unités.

Pour les voûtes elliptiques ou en anse de panier, M. Marguet adopte un extrados circulaire, et prend pour épaisseur de la voûte à la clé celle qui résulte de la formule relative aux voûtes en plein cintre, en remplaçant le rayon d'intrados par le demi grand axe.

L'épaisseur maximum de la voûte vers les reins correspond au point de l'ellipse ayant même abscisse que le foyer, et elle est prise égale au double de l'épaisseur à la clé, en la mesurant suivant la normale.

L'épaisseur de la culée se déduit approximativement de l'équation

$$y = 0,25\,x + 4,05,$$

en mettant pour x l'ouverture de la voûte diminuée de 15.

Les voûtes en arc de cercle présentent de grandes variétés suivant leur angle au centre, c'est-à-dire suivant la relation existant entre l'ouverture et la montée.

M. Marguet prend, pour ces voûtes, l'épaisseur à la naissance, mesurée suivant le rayon en ce point, égale au double de celle à la clé déterminée comme pour les autres voûtes.

L'épaisseur des culées dépend de l'angle au centre, pour une même ouverture. L'auteur donne, pour la calculer, les formules empiriques suivantes :

1° Voûtes en arc de cercle dont l'angle au centre est de 60°.

Epaisseur des culées :

$$y = 0.3675\,x + 3{,}80,$$

x étant l'ouverture diminuée de 10 mètres.

2° Voûtes en arc de cercle dont l'angle au centre est de 90°.

Epaisseur des culées :

$$y = 0.351\,x + 3.65;$$

x est l'ouverture diminuée de 10 mètres.

3° Voûtes en arc de cercle dont l'angle au centre est de 120°.

Épaisseur des culées :

$$y = 0.315\,x + 1{,}80.$$

De l'ouverture on retranche 5 mètres.

Toutes les formules qui viennent d'être indiquées, si elles ne donnent pas la précision dont on reste encore si éloigné par les calculs les plus laborieux, ont l'avantage de fournir rapidement des résultats utilisables dans la pratique.

RECONSTRUCTION DU PONT LOUIS-PHILIPPE, A PARIS (1).

En 1833, on avait construit un pont suspendu pour franchir les deux bras de la Seine, à l'extrémité occidentale de l'île St-Louis. Ce pont, appelé pont Louis-Philippe, présentait des travées de 72^m d'ouverture, suspendues par douze câbles en fil de fer, passant sur une pile élevée à la pointe de l'île St-Louis, et amarrée dans les culées. Il vient d'être remplacé par deux nouveaux ponts, l'un en pierre, l'autre en fonte, situés un peu en amont de l'ancien pont, construit sous la direction de

(1) *Portefeuille des conducteurs des ponts et chaussées et des garde-mines.*

MM. Romany, ingénieur en chef, et Savarin, ingénieur ordinaire. Les travaux ont été entrepris par M. Garnuchet.

Le plus grand bras de la Seine, celui de l'*Estacade*, offre en cet endroit une largeur de plus de 100 mètres, et il est franchi par un pont en pierre, composé de deux arches de rive de 30 mètres d'ouvertures et d'une arche marinière de 32 mètres. Le second pont est formé d'une seule arche en fonte de 64 mètres d'ouverture, sur le bras séparant les îles St-Louis et de la Cité.

On a dragué la rivière, pour les fondations, jusqu'à 4m,10 au dessous de l'étiage, profondeur à laquelle on a pu établir la maçonnerie sur une couche de sable incompressible.

Les fouilles terminées, on a procédé au montage et à l'échouage des caissons sans fond de chaque pile, construits en chêne, à l'exception des deux cours de moises supérieures, qui sont en sapin. Les palplanches formant les caissons n'ont pas été battues jointives, afin de permettre l'écoulement des laitances pendant le coulage du béton. Cependant, afin de pouvoir épuiser intérieurement, après le coulage du béton, pour exécuter à sec les premières assises des piles, on a fixé à la paroi interne des caissons un bordage en planches de Lorraine.

Pour empêcher la déformation des caissons pendant leur échouage, on avait placé, dans le sens transversal, trois croix de St-André.

L'échouage a été conduit avec les plus grandes précautions, afin que la position des caissons fût exactement repérée, et le béton a été coulé au moyen de boîtes fermées qui ne s'ouvraient que sur le point même où elles devaient déposer du béton.

Le reste de la construction du pont n'a présenté aucune particularité remarquable.

BULLETIN.



BREVET D'INVENTION.

CADRE A SCIES VERTICALES, A MOUVEMENT OBLIQUE,

PAR L. PERARD,

CONSTRUCTEUR A LIÉGE.

Nous avons annoncé dans le Bulletin du n° précédent, p. 249, le brevet que M. Perard, ingénieur honoraire des mines, constructeur de machines à Liége, a pris pour un cadre à scies verticales à mouvement oblique, propre à trancher en coin le bois suivant son fil.

Nous donnons, planche 25, le dessin de cette scie : la fig. 1 est une vue de face, la fig. 2 une vue de côté, et les fig. 3, 4, 5 représentent les détails du mouvement oblique.

Un des deux sabots A, qui terminent la traverse supérieure du cadre ou châssis des scies, emporte un levier articulé ABC. Ce dernier transmet son mouvement à un second levier A'B'C', articulé en B', fixé sur le pivot C' et portant un rochet R. – La position du point A' étant variable au moyen de la vis VS, le rochet pourra prendre, après chaque trait de scie, un nombre de dents plus ou moins grand suivant les besoins.

La roue à rochet R' entraîne dans le mouvement de son axe les cônes dentés D^1 et D^2; par suite les suivants D^3 et D^4 et enfin D^5 et D^6.

L'arbre GG' passe à frottement doux dans les cônes D^1 et D^3, et suit le mouvement vertical alternatif du cadre.

L'axe de D^6 porte deux vis sans fin E et E' entraînant dans leur mouvement respectif les deux roues F et F' et leurs axes HK et H'K', dont chacun porte une partie filetée LM, L'M'; les écrous respectifs de ces filets font partie chacun d'un chariot N, N' roulant sur la traverse supérieure du cadre. Ces chariots sont à jour et portent les montures supérieures des lames. Les

montures inférieures sont attachées à des chariots semblables, roulant en dessous de la traverse inférieure du cadre, et recevant le même mouvement par l'intermédiaire de l'arbre montant GC'. Le nombre des lames est facultatif.

Les deux chariots N et N' se rapprocheront ou s'éloigneront suivant la position donnée au rochet R, et avec une vitesse qui dépendra du nombre des dents de la roue R', engagées à chaque coup de scie.

Ce mouvement des chariots aura pour effet l'obliquité des traits de scie pendant que le traîneau portant la pièce de bois marche longitudinalement, et par conséquent celle-ci sera coupée en coin.

Si l'on suspend l'action du rochet, les scies marchent droit comme dans tous les autres cadres déjà connus.

Lorsque les arbres sont très-tortueux et qu'il est nécessaire néanmoins d'obtenir des planches parfaitement dans le fil de bois (par exemple pour les constructions navales), on peut ajouter au mécanisme ci-dessus décrit, le suivant, indépendant du premier, de sorte qu'on peut se servir des deux à la fois, suspendre l'action de l'un ou de l'autre ou de tous les deux à la fois. Il consiste à placer sur le traîneau et vers l'extrémité un support transversal, à vis sans fin avec écrou, ayant pour effet d'incliner à volonté la pièce de bois par rapport à l'axe du traîneau, suivant la forme qu'elle présente. Ce mécanisme, ayant pour objet de suivre *les caprices* de la végétation, doit être évidemment à la disposition du scieur : celui-ci le met en œuvre quand il le faut à l'aide d'une manivelle ou d'un volant à main placé à sa portée : un fil à plomb suspendu sur la ligne centrale de l'arbre sert de repère pour guider le mouvement latéral du support.

La disposition latérale des chariots N et N' montre aussi que, arrivées au sommet de l'objet de l'angle du coin, les lames qui se sont rapprochées se suivent dans le même trait, tandis que les deux suivantes continuent à se rapprocher : c'est la fin du sciage.

DESCRIPTION DU TRAVAIL DANS UNE USINE DE BRIQUES RÉFRACTAIRES,

PAR

G. KENNIS,

ÉLÈVE DE LA 4e ANNÉE DE L'ÉCOLE DES ARTS ET MANUFACTURES.

Cette usine, située sur les bords du canal de Mons à Condé, près du pont conduisant au chemin de fer de l'État belge, près des exploitations de terre

réfractaire de Baudour, et des carrières de sable de la Hamaïde, nous a paru présenter les conditions les plus avantageuses sous les divers rapports de l'administration intérieure et du mode particulier du travail et de l'emplacement.

La matière des produits réfractaires est en majeure partie cette argile plastique noirâtre qui se trouve à la base des terrains secondaires dans notre pays, et sur l'origine de laquelle les géologues ne sont pas d'accord : les uns lui accordent une origine neptunienne, et la font correspondre aux séries Wealdiennes, situées à même hauteur dans l'échelle géologique de l'Angleterre ; les autres la considèrent comme des irruptions boueuses, venant de l'intérieur et se déposant dans d'énormes poches. Dans tous les cas, il est un fait acquis à l'expérience, c'est que la grosseur de l'élément sable, varie avec la position dans le sol ; c'est ainsi que l'argile aux grains de sable les plus gros se trouve au fond de la poche, que ce grain diminue à mesure que l'on remonte, et qu'il arrive un point où il est tellement fin que le produit n'est plus que très peu réfractaire, parce que la division de cette silice est telle qu'ajoutée aux silicates, qui constituent l'argile, elle fait passer ceux-ci dans la série des silicates fusibles de Berthier.

On demande toujours pour la construction des chemises de haut-fourneau des matériaux poreux à gros grains, tandis que pour les fours à coke on réclame les pâtes les plus serrées ; ces deux exigences se justifient, au point de vue physique, par le fait que la pâte à gros grains étant plus poreuse, les molécules ne seront pas aussi contrariées dans les dilatations et retraits provenant des variations de température, condition qui n'est pas indispensable pour les fours à coke, où la pâte plus dense tiendra mieux la chaleur ; mais, au point de vue chimique, il me semble que c'est faciliter la fusion que de mettre cette pâte, à l'état poreux, en contact avec les matières métalliques. Il est vrai que les inconvénients de la rupture des briques seront plus graves, en ce que par là elles pourront être attaquées sur plus de faces, ce qui diminuerait la durée de la chemise. C'est là d'ailleurs une question dans laquelle l'expérience est le dernier juge.

L'extraction de l'argile plastique se fait à Baudour par puits circulaires d'environ 1,50 à 2 mètres de diamètre, s'évasant vers le bas et présentant un tronc de cône assis sur sa grande base. Le soutènement se pratique au moyen de cercles et de branchages, comme dans les minières de fer. Dans l'extraction au moyen d'un treuil à 2 manivelles mues par deux femmes, un panier remonte plein pendant qu'un autre descend vide.

Ces puits ont généralement traversé des sables Landenniens supérieurs, les marnes et les argiles vertes du terrain nervien (craie chloritée), puis on rencontre une terre argileuse unie, remplie de lignite en petits morceaux,

de sperkise en mamelons présentant de la melantine dans les creux, enfin. l'argile fine des potiers, et successivement des argiles à grains de plus en plus gros. La profondeur de ces puits varie de 15 à 25 mètres à cause de l'inclinaison vers le sud de tous les terrains. Ces terrains se soutiennent tellement mal qu'il est impossible de marcher en exploitation souterraine; d'ailleurs les déblais à effectuer ne se compenseraient pas par l'extraction de l'argile. On a donc reconnu que le mode le plus convenable, le plus économique et le plus sûr était de remblayer l'un des puits par les remblais du puits en enfoncement; ces puits sont distants de 3 à 4 mètres, ce qui fait qu'on est obligé d'abandonner tout le massif compris entre les divers puits, jusqu'à ce que les terrains se soient suffisamment tassés, ce qui arrive généralement au bout d'un an. Cette extraction est très-économique, elle se fait au milieu du bois de Baudour, appartenant à M. le prince de Ligne. Une grande partie de la population ouvrière se compose de femmes. Les renseignements que j'ai recueillis m'ont été fournis pendant l'une des visites que M. Boucher faisait à ses exploitations. Ces visites sont très-fréquentes; on comprend tout l'intérêt du fabricant de produits réfractaires à connaître exactement la nature de l'argile qu'il emploie, dont le meilleur indice lui est donné par la profondeur d'où on la tire.

L'argile, quelque réfractaire qu'elle soit, ne peut servir à la confection des produits réfractaires, il faut qu'elle soit suspendue dans un squelette de matière infusible, qui arrête tous les effets mécaniques de la chaleur, en empêchant le fendillement, auquel l'argile est exposée, de se propager à travers toute la masse, et permette aussi aux diverses particules de subir leur retrait sans beaucoup altérer les dimensions. Ce squelette, de matière infusible, est obtenu par l'introduction dans la pâte de l'élément qu'on appelle ciment, en terme de métier, parce qu'il y produit une partie des effets qu'il détermine dans les mortiers hydrauliques. Ce ciment est composé quelquefois d'anciens matériaux réfractaires broyés et classés par grosseur, mais, pour procéder de la sorte, il faut que l'établissement se trouve au milieu d'un centre de consommation, de manière que les transports par retour ne soient pas trop onéreux, ce qui eut rendu impossible l'établissement de l'usine, à l'endroit où elle se trouve, emplacement qui lui donne de si grands avantages à d'autres points de vue. Si donc à l'établissement de M. Boucher on emploie les vieux matériaux, ce n'est que par exception, son ciment habituel est un sable à gros grains, ou plutôt un gravier qui se trouve à la base des séries Landenniennes, et qu'on exploite à 20 minutes de l'établissement, à la Hamaïde. Ce gravier présente des grains d'au moins 1 millimètre de diamètre, il est d'une blancheur éclatante; lorsqu'il a été lavé, il crie fortement entre les doigts. Il se trouve au pied de la carrière

qui occupe environ 1 hectare d'étendue; les parties supérieures sont extraites comme sable à bâtir et à paver. Les parties inférieures sont lavées dans des fosses, où l'on conduit des eaux claires au moyen de vis d'Archimède; deux ouvriers remuent, à l'aide de râbles, sous l'action de ce courant d'eau.

Ce gravier est fourni à l'usine à raison de 2 fr. le mètre cube, transport compris. Par contrat passé avec l'extracteur, ce gravier est fourni exclusivement à l'usine.

La fabrication à St-Ghislain, entièrement différente des procédés ordinaires, présente des avantages incontestables. Généralement, l'argile et le ciment sont transformés en pâte assez fluide, pour prendre exactement la forme du moule. La dessiccation des objets moulés doit se faire au séchoir, ce qui demande de grands espaces, une mise de fond assez importante, pour la confection des claies et un temps très-long pendant lequel dorment toutes les avances faites, en matières premières et en main-d'œuvre. C'est après ce long terme qu'on peut seulement livrer les produits à la cuisson. Dans le mode de travail dont il s'agit ici, et qui n'est qu'une application du procédé employé en France, pour la construction des pierres artificielles et de la construction en pisé, les matières sont parfaitement mélangées et agglutinées par des chocs successifs faisant pénétrer tout le ciment entre les interstices de la pâte. Ce procédé, outre les avantages économiques qu'il présente, et que je citerai en décrivant le travail, se recommande encore par la qualité supérieure des produits. En effet, la compacité qui en résulte diminue de beaucoup le retrait, ce dont je me suis assuré par une expérience que M. Boucher a bien voulu faire avec moi. Nous avons fait fabriquer une brique dans les conditions ordinaires, on l'a enfournée le lendemain, avec une autre cuisson, et vingt-quatre heures après le défournement, la brique, loin d'avoir subi un retrait, avait peine à s'introduire de nouveau dans le moule qui avait servi à la confection et que j'avais soigneusement marqué pour éviter toute erreur. Ce n'est qu'à l'aide de plusieurs coups de maillet qu'on y est parvenu.

Cette expérience était concluante à cause de la nature métallique du moule, qui, certes, n'a pu, en séchant, donner lieu au phénomène que j'ai relaté. Je n'ai pas eu le temps de faire l'expérience avec une pâte moulée, à la manière ordinaire, mais d'après ce que j'ai vu dans d'autres établissements, j'ai pu parfaitement constater un retrait considérable. J'attribue ce fait à la grande quantité de silice en grains, qu'on parvient à introduire dans la pâte par le procédé employé.

La terre plastique, en arrivant dans l'usine, est emmagasinée dans une halle couverte, mais dont les murs latéraux présentent des ouvertures, afin de dessécher la terre en donnant issue à la vapeur d'eau produite par l'éva-

poration spontanée. Cette terre, au bout de quinze jours à trois semaines, est arrivée au degré de siccité convenable et on a soin d'emmagasiner tous les jours, de manière à retirer la terre la plus ancienne pour la consommation. A cet état, la terre supporte l'action du broyeur et ne s'aplatit pas sur les cylindres, au sortir desquels elle est mélangée en proportion convenable, avec le gravier qu'on tâche d'introduire à la plus grande dose possible, ce qui produit l'avantage d'une diminution dans le prix de revient, et de donner au produit une plus grande infusibilité. On est parvenu à obtenir encore de bons produits avec 40 °/ₒ de sable; au-delà de ce chiffre, la quantité réfractaire augmente, mais les produits ne sont plus aussi beaux, les arrêtes ne s'obtiennent plus facilement.

C'est le mélange ainsi formé qu'on place dans des bacs, devant la table du mouleur. Celui-ci reconnaît le bon dosage de la matière, lorsque, prise dans la main et comprimée fortement, elle se prend en masse; dans le cas contraire, il fait modifier la quantité de sable ajoutée.

Les mouleurs sont au nombre de 12; leurs outils se composent :

1° D'un moule formé d'un grand rectangle en fer, dans lequel on peut produire toutes les formes demandées, en y encastrant des tasseaux en fer bien polis dont il suffit de faire varier la forme et les dimensions ; au milieu du rectangle et sur le fond se trouve un petit prisme, qu'on peut tenir de forme invariable ainsi que de position, mais qui, lors du démoulage, pousse un plateau en tôle, reposant dans le creux du moule, où un garçon vient le prendre. Pour exécuter cette manœuvre, qui se fait en moins de temps qu'il ne faut pour le décrire, l'ouvrier, d'une main, détache la clavette, et de l'autre, il agit sur un levier destiné à élever le prisme ;

2° D'une palette en fer avec manche en bois, qui sert à agglomérer la matière placée dans le moule; ce travail se fait comme suit : l'ouvrier, après avoir mis dans le moule plus de terre qu'il n'en faut pour le remplir, frappe à coups secs répétés vivement sur le petit mont qui dépasse et dès qu'il reconnaît que la pâte ne s'affaisse plus, il coupe, à l'aide du tranchant de la palette, opposé au manche, tout ce qui dépasse le moule et obtient ainsi une tranche bien lisse, puisque ce tranchant décrit un plan déterminé par les bords horizontaux du moule sur lesquels il s'appuie. L'objet dans cet état est complètement moulé, et l'ouvrier y marque alors la firme de la maison avec une planchette portant des lettres en fonte en relief.

Les mouleurs sont payés à raison de 2,50 pour 600 ou 700 briques, suivant la nature de la pâte, et la destination des produits; ils travaillent à la pièce pour toutes les dimensions qui ne sont pas courantes Les serveurs de terre, au nombre de 2 et qui surveillent en même temps le broyage, sont payés à la journée à raison de fr. 1-50. L'un d'eux pourrait être remplacé par un mélangeur vertical.

Les briques moulées sont successivement prises par des garçons, qui les placent dans de petits chariots à 3 roues, pouvant circuler entre les tas de briques prêtes à être enfournées. Ici se montre la grande économie du mode de fabrication, les briques obtenues étant très-solides au sortir du moule, on peut en placer jusqu'à 15 rangées l'une sur l'autre, sans qu'elles s'écrasent, et sans qu'elles collent l'une à l'autre, et l'on évite ces énormes bâtiments, et cette grande dépense de claies sur lesquelles les briques séjournent quelquefois un mois, lorsque l'état hygnométrique du milieu n'est pas favorable, ce qui peut arriver, même dans un séchoir, où le tirage pèche par l'une ou l'autre circonstance.

L'établissement possède 7 fours à cuire les briques et les produits réfractaires ; ils peuvent contenir jusqu'à 80,000 briques, qui y restent 2 à 3 jours, et consomment environ 35 kilog. de charbon aux 1000 briques. L'enfournement de ces mêmes 1000 briques demande 1/4 de journée d'ouvrier à 2 fr.

Le défournement demande la même main-d'œuvre; le prix de cuisson de 1000 briques se résume donc ainsi :

Main-d'œuvre d'enfournement et de défournement. . . .	1,00 fr.
Combustible	0,45
Amortissement intérêts des avances faites jusqu'à la cuisson	0,30
Prix de cuisson pour 1000 briques.	1,75

Les cornues réfractaires se moulent de la même manière, en pilonnant la matière entre 2 cylindres, dont l'intervalle dessine la paroi de la cornue. On les élève par tronçons successifs, et pour avoir bonne liaison, on termine chacun d'eux par un plan oblique, sur lequel le tronçon suivant vient s'appuyer. Ces cornues restent un jour dans leur moule, puis un autre jour sans moule, et ne sont enfournées que le 3ᵉ jour, si l'on est pressé, mais le plus souvent elles attendent 15 jours; alors on forme une fournée spéciale pour les cornues, et pour ne pas perdre la place laissée libre à l'intérieur des cornues, on les remplit, lorsqu'elles sont dans le four, avec des briques ou autres matériaux de petites dimensions. On voit que tout dans cette usine tend à utiliser le mieux possible les capitaux immobilisés. On a de plus remarqué que la dépense de combustible n'est pas plus considérable en remplissant les cornues, et que l'état de la cuisson n'est pas moins avancé; seulement on est obligé d'attendre un jour de plus pour défourner ces énormes masses. La manœuvre de l'enfournement et du défournement se fait avec la plus grande rapidité, sans danger de bris, à l'aide de l'appareil représenté planche 27. C'est un chariot à 3 roues, celle de devant pouvant pivoter librement autour d'un axe vertical et servant à diriger les deux

autres; deux châssis verticaux, comme l'indique la figure 2, reliés par des tirants en fer, portent en O des gonds permettant au plan AB de basculer dans le sens des flèches.

Ce plan AB est muni à sa partie inférieure B d'un plateau un peu incliné en avant et servant à porter la cornue qui est fixée à l'aide de courroies. Tout ceci se fait pendant que la cornue est encore verticale: pour manœuvrer le système et le conduire au four, on renverse le plan AB, à l'aide de la manivelle *b* commandant pignon et roue dentée *aa*.

Il suffit de rouler tout le chariot jusqu'à l'intérieur du four, là l'ouvrier replace la cornue dans la position A′B′, l'enlève du chariot pour l'incliner ensuite et la coucher horizontalement, position dans laquelle elle reçoit les effets de la cuisson. Ce mode de chargement et de transport présente un avantage, au point de vue mécanique, c'est que le maximum d'effort nécessaire pour incliner la cornue doit se faire au commencement du renversement, que cet effort diminue à mesure qu'on arrive plus près du moment, où le plan A′B′ sera couché suivant AB.

Il a fallu calculer exactement cette inclinaison, pour que la verticale du centre de gravité du système mobile ne passe pas au-delà du point O, auquel cas l'ouvrier devrait faire un effort en sens contraire pour éviter un choc de A′B′ sur AB, ce qui amènerait infailliblement le bris de la cornue. Il faut cependant, pour la stabilité de l'équilibre, qu'elle le dépasse un peu à la fin de la manœuvre. L'établissement de St-Ghislain présente encore un mode de jonction particulier pour relier la cornue à sa tête. Il est représenté figure 3.

C'est cet établissement qui, le premier, a pu réduire, à l'aide de la bonne qualité de sa pâte, l'épaisseur des cornues à 0,035 même 0,03.

La diminution qu'on a pu effectuer dans cette épaisseur est très-importante pour les usines à gaz; car non seulement elle donne une économie dans le prix de la cornue, mais elle permet de déterminer les effets calorifiques à l'intérieur de ce récipient avec une dépense de combustible beaucoup moins considérable. On sait que d'ordinaire le chauffage des cornues se fait à l'aide d'une grande partie de menu coke qui, avec les anciennes épaisseurs de cornues, ne pouvait suffisamment élever la température de la houille.

NOUVEL APPAREIL DE PRÉPARATION MÉCANIQUE.

La préparation mécanique des minerais est sans aucun doute une des parties les plus intéressantes de l'art des mines ; séparer par la différence de pesanteur spécifique, la partie métallifère plus lourde de la partie pierreuse ou stérile, désignée sous le nom de gangue, qui est plus légère, tel est le principe sur lequel s'appuie cette opération. C'est à l'Allemagne qu'on a dû longtemps les progrès les plus importants de cet art assez compliqué dans ses applications ; et aujourd'hui encore on va chercher des modèles dans le Hartz.

Chaque fragment de minerai, au sortir de la mine, renferme presque toujours des parties métallifères adhérentes à des parties stériles, il faut donc les concasser pour les détacher. Ce travail se fait à la main avec des marteaux ; on sépare les morceaux de minerai pur qu'on recueille et on rejette les fragments stériles ; mais il reste encore des morceaux mélangés qu'il faut concasser de nouveau, on arrive ainsi bientôt à une division en fragments trop petits pour que l'on puisse continuer avec avantage le triage à la main dit *scheidage ;* on est conduit à faire usage des moyens mécaniques pour opérer cette séparation. C'est ici que commence la préparation mécanique proprement dite.

Lorsque les matières à traiter ont été ramenées à un volume convenable, ni trop gros ni trop fin, soit par des bocards, ou par des cylindres broyeurs en fonte, tournant l'un vers l'autre à la manière des laminoirs, on fait usage généralement alors, pour la séparation par ordre de densité, du crible à secousse ou du crible à piston, qui en est une modification perfectionnée ; mais avant cela il est indispensable de classer, suivant des volumes aussi uniformes que possible, ces sables, qui sont à l'état naturel de grosseurs inégales. Il est évident, en effet, pour que l'action résultant de la différence de densité puisse s'exercer utilement, qu'il est de toute nécessité qu'étant immergés et soumis à l'action d'un courant d'eau constant ou alternatif, ils obéissent à la loi de gravité en raison de leur pesanteur, et aient des dimensions sensiblement égales.

Tel est le principe fondamental sur lequel repose la préparation mécanique des matières minérales.

Ainsi, briser ou concasser les fragments des substances mélangées de gangue et de parties métallifères, les classer par ordre de grosseur et les séparer ensuite par ordre de densité, forment la succession des opérations que l'on doit faire subir aux matières à préparer.

Ces diverses opérations se font généralement à bras, au moins pour la séparation par ordre de pesanteur spécifique; on donne la préférence au bac à piston qui fournit la division la plus parfaite. Ce travail, assez lent, exige une grande habileté de tour de main et le personnel nombreux qui est nécessaire se forme lentement et difficilement. Dans des contrées neuves en pareille industrie, l'absence d'un personnel convenable est souvent un obstacle presque insurmontable au développement d'un grand nombre d'exploitations. Partout l'établissement d'une bonne préparation mécanique est toujours une difficulté sérieuse.

Depuis longtemps on cherche le moyen de rendre la préparation des matières minérales réellement mécanique et pouvant s'effectuer par un travail continu; il s'agirait de trouver un instrument, un appareil, mu par la force irrésistible de la vapeur qu'on peut se procurer partout, auquel on livrerait le minerai venant de la mine, ayant subi un simple triage à la main et qui se chargerait, en réalisant les opérations indispensables de broyage, de classement par grosseur et de séparation par ordre de densité, de restituer d'un côté le minerai enrichi, propre à la fonderie, et de l'autre rejeter les parties stériles entièrement dépouillées de substance métallifère utile.

Voilà quel serait le dernier mot de la préparation mécanique :

Des essais nombreux ont été faits en Allemagne, dans ces derniers temps, pour rendre continu le travail du bac à piston. Ce problème a été résolu dans le travail de l'épuration ou du lavage de la houille, par l'appareil Bérard, mais ici la solution était plus simple; il ne s'agissait, en effet, que de la séparation en deux catégories par la différence de pesanteur spécifique, savoir : les matières lourdes à éliminer, schistes houillers. sulfure de fer, etc., de la partie légère qui est le charbon pur; cette séparation étant effectuée, le travail est accompli.

Dans la préparation des matières minérales, le problème est plus complexe, non seulement il faut éliminer la gangue ou partie stérile et recueillir la partie métallifère pure; mais il reste, en outre, une couche intermédiaire composée de fragments dans lesquels sont encore unies des parties minérales utiles avec la gangue; ces fragments doivent être recueillis à part pour revenir au travail et subir à nouveau le broyage, le classement par grosseur et la séparation par ordre de densité.

Le nouvel appareil de M. Bérard, *exposé en ce moment à Londres* (1), semble fournir la solution de la séparation incessante et continue en trois catégories des matières minérales, préalablement classées par ordre de grosseur. La

---

(1) Cet appareil a obtenu la médaille.

matière livrée à cette machine fournit sans interruption, savoir : la partie stérile dépouillée de tout mélange métallifère d'une part, la matière métallifère à peu près pure d'autre part, et enfin la partie mélangée, devant revenir au travail, est obtenue séparément. Ce résultat est réalisé à l'aide d'une combinaison de vannes et de contrevannes, qui fait que lorsque l'instrument est réglé d'après la nature du minerai, il continue à fonctionner sans le secours d'aucun ouvrier.

Un appareil complet se compose de quatre paires de cylindres-broyeurs, de trois bacs de classement par grosseur, d'un système nouveau, et de cinq bacs de classement par ordre de pesanteur spécifique.

Le minerai, arrivant de la mine et tel qu'il est habituellement trié et concassé grossièrement est livré à une première paire de cylindres-broyeurs convenablement écartés pour opérer un concassage un peu plus réduit. La matière qui a passé dans les cylindres tombe dans une fosse au bas de laquelle se trouve une vanne de réglementation.

Une chaîne à godets sans fin puise le minerai au bas de la fosse, l'élève à une certaine hauteur et le déverse sur une grille à secousse; les fragments trop forts pour passer au travers de la grille se rendent, par un conduit incliné, entre deux autres cylindres-broyeurs un peu plus rapprochés que les précédents; là, ils se réduisent en fragments d'une dimension moindre, retombent dans la fosse pour être repris à nouveau par la chaîne à godets.

La partie des matières qui a pu passer au travers de la grille à secousse se rend de son côté, par un plan incliné, dans un premier bac à eau de classement par ordre de grosseur. Ce travail fournit un premier numéro de sable qui alimente un bac de séparation par ordre de densité : les matières passées au travers de la plaque du bac de classement par grosseur sont reprises par une chaîne et versées dans un autre bac semblable qui fournit deux numéros de grosseur alimentant deux bacs de séparation par ordre de densité.

Dans chacun de ces bacs de séparation par ordre de densité, les matières sont classées, comme nous l'avons dit, en gangue stérile formant la partie supérieure, rejetée à la décharge; la matière métallifère pure formant la couche inférieure recueillie; et la matière mélangée ou intermédiaire. Celle-ci tombe, par un plan incliné, entre des cylindres-broyeurs très-rapprochés qui les amènent à un plus grand état de division : elles sont reprises à nouveau par une chaîne à godets, pour être classées par grosseur et séparées par ordre de pesanteur spécifique dans des appareils ou bacs semblables aux précédents; ici deux nouveaux bacs de séparation par ordre de densité suffisent.

Le premier groupe sert en quelque sorte à la concentration des matières,

le second achève le travail de la couche intermédiaire et peut être considéré comme la batterie d'épuration.

Toutes ces opérations s'enchaînent d'une manière continue sans qu'il y ait d'autre main-d'œuvre que celle nécessaire pour amener les matières et les expédier; ce transport se fait en waggon et la machine opère même le chargement.

Dans ce système, l'inventeur espère réduire la proportion des schlamms au minimum, à 8 °/。 de la masse sur laquelle on opère; une disposition spéciale, qu'il n'a pas représentée à Londres, doit permettre le traitement de la quantité produite par un moyen également continu.

Cet appareil a été construit pour le traitement de 100 tonnes de minerai en 10 heures de travail effectif; il n'exige que deux ouvriers pour la surveillance et l'entretien, indépendamment du personnel pour l'approvisionnement des matières. M. Bérard estime les frais de l'opération à 75 c^es par tonne de minerai brut traité; s'il réalise ses promesses, il aura certainement apporté un grand perfectionnement à la préparation mécanique des substances minérales.

TUNNEL DU MONT-CENIS (1).

Après les travaux gigantesques par lesquels l'art des chemins de fer a surmonté des difficultés sans cesse renaissantes, en faisant franchir aux locomotives des rampes longues et rapides, en jetant, sur de larges torrents et des bras de mer, des ponts avec des portées jusqu'alors inconnues, il restait à résoudre la traversée des Alpes.

L'étude des ingénieurs a été dirigée dans ces dernières années vers cette importante question, mais de tous les projets qui ont été soutenus par des hommes d'un grand renom, celui du percement du Mont-Cenis, destiné à réunir les deux branches du chemin de fer Victor Emmanuel, présente un intérêt particulier, tant à cause de la hardiesse du plan, que des moyens mis en œuvre dans l'exécution. On sait que le chemin de fer s'arrête à Suze en Italie et à Modane en Savoie, et qu'aujourd'hui la traversée des Alpes entre ces deux stations se fait par la route du Mont-Cenis qui franchit le Col à une hauteur de 6350 pieds. De Suze à l'entrée du tunnel en Italie, le railway ne peut pas suivre cette route, mais il se dirige vers le sud-ouest par la vallée de la Dora, et quittant au village d'Oulx la route qui conduit en France (Briançon) par le Mont-Genèvre, il tourne vers l'est et continue par la vallée

(1) D'après une notice de M. le professeur Rühlmann de Hanovre.

du Thabor jusqu'à Bardonnèche. Là, la vallée se termine par des gorges et des ravins, et la voie ferrée doit traverser les roches alpines dans la direction nord pour aboutir à Modane.

D'Oulx à Bardonnèche, la nature présente un aspect sauvage et aride, et à l'approche du tunnel, les roches sont plus heurtées et plus escarpées.

Celui-ci s'ouvre en un point où l'hiver commence au mois de septembre, et ne finit qu'au mois de juin, et où les intempéries viennent doubler les obstacles à vaincre. Aussi l'établissement des machines et la construction des bâtiments ont-ils rencontré des difficultés énormes dans ces lieux déserts, d'un accès des plus difficiles et où il a fallu monter tous les ateliers nécessaires.

Comme l'indique la carte n° 1 pl. 26, l'entrée du tunnel, à cause du relief du sol, se trouve à une certaine distance de Bardonnèche, à 1335^m au-dessus du niveau de la mer.

D'après les chiffres inscrits sur la coupe longitudinale, fig. 1, sa longueur totale est 12220 mètres. La pente, à partir de l'extrémité sud (Italie) et jusqu'au milieu, c'est-à-dire sur une longueur de 6110 mètres et de $3^m,05$ ($\frac{1}{2206}$) ou 0,5 pour mille, uniquement ce qui est nécessaire pour obtenir un écoulement convenable des eaux qui peuvent s'y amasser. Mais depuis le point milieu jusqu'à l'extrémité Nord (Savoie), la pente sera beaucoup plus forte $135^m,60$ sur 6110^m, c'est-à-dire $\frac{1}{45}$ ou 22 pour mille, afin de procurer un écoulement plus rapide aux eaux qui y sont en plus grande quantité.

Le milieu, qui est le point le plus élevé du tunnel, se trouve à $1338^m,43$ au-dessus du niveau de la mer. Le sommet de la montagne, qui correspond à peu près au point milieu, a une hauteur de $2949^m,16$; de sorte qu'au-dessus du niveau du tunnel il restera une masse de roches de $1610^m,73$ de hauteur, dans laquelle on n'a pu songer à percer des puits de service (1).

Pour assurer la rencontre des deux galeries au point milieu, on a commencé par déterminer un plan vertical passant par l'axe du tunnel, puis, dans ce plan, on a mesuré le sommet le plus élevé, et de là on a déterminé des points trigonométriques jusqu'aux deux entrées. Aux trois points principaux, le sommet et les deux extrémités se trouvent des stations avec des théodolites fixes, afin de maintenir constamment dans un même plan vertical des pendules que l'on suspend de distance en distance, suivant l'axe de la galerie. Il est à remarquer que le tunnel n'est pas percé à travers le grand

(1) Le puits de ce genre le plus profond de l'Europe est un puits de 226^m, construit pour le chemin de fer industriel du Jura (Neuchatel à La Chaux de Fonds-le-Locle) qui ne se compose presque que de tunnels, et dont le niveau le plus élevé est à 1048 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Mont-Cenis, mais sous le col de Fréjus qui est situé à environ 2000^m S. du premier.

Les roches que le tunnel doit traverser sont principalement des calcaires schisteux qui, vers la Savoie, sont traversées par de nombreuses veines de quartz et qui ne présentent pas grande résistance au travail. Près des deux entrées, la roche n'est pas assez ferme pour se soutenir d'elle-même, et l'on a dû construire un muraillement, qui aura 1000^m de longueur, du côté de Bardonnèche. Le profil du tunnel en Piémont est représenté par la figure 2 à l'échelle de $\frac{1}{150}$.

L'installation des machines à Bardonnèche comprend deux groupes de constructions disposés obliquement l'un au-dessus de l'autre. Le groupe supérieur renferme les réservoirs *v*, *v* (fig. 3), dont le conduit *k* suit à l'air libre les contours de la montagne.

Les bâtiments inférieurs comprennent les machines à comprimer l'air *abcdghi*, les ateliers de réparation, et les magasins d'outils et d'objets nécessaires au montage et à la pose des tuyaux, etc., etc.

Quant au moyen d'utiliser la force motrice naturelle qui est d'au moins 1^{m3} d'eau par 1$''$ avec une hauteur de chute de 26^m, distance verticale entre le niveau des réservoirs *v* et le point *h*, le croquis représente un appareil compresseur.

Le réservoir en maçonnerie *m* qui reçoit les eaux de plusieurs torrents derrière Bardonnèche, communique par le conduit *o* avec le second réservoir *l* qui est muni de tous les moyens nécessaires pour régler la distribution de l'eau motrice qui arrive par le tuyau *k*. En *i* et *h* sont deux soupapes, la première est une soupape cylindrique à coulisse et la seconde une soupape à double siége. *i* sert à ouvrir ou fermer la communication de *k* avec *g*, et *h* à l'évacuation de l'eau qui, après avoir utilisé sa force vive à la compression de l'air dans le récipient *a*, se rend par le tuyau *r* au bassin *s*. L'air extérieur afflue dans la partie verticale *g'* du tuyau *g* par les soupapes à clapet *f* s'ouvrant vers l'intérieur; et au sommet de *g'* est une soupape sphérique *e* placée dans une boîte *d* qui est réunie, par un tuyau *c*, avec le dôme *b* de la chaudière *a*. Cette chaudière a 9^m de longueur et 1^m,6 de diamètre, et sert de récepteur à l'air comprimé dont la distribution se fait par le conduit *z*.

Afin de maintenir constante la tension de l'air (5 atmosphères) dans la chaudière *a*, malgré les petites interruptions produites par le jeu des tiroirs dans les perforateurs, on a mis la partie inférieure de cette chaudière en communication par un conduit *p* avec un réservoir supérieur *n* dont le niveau *r* peut osciller, suivant le travail des machines, sans se perdre. Ce n'est qu'à de longs intervalles qu'on doit introduire de la nouvelle eau dans ce réservoir dont la distance verticale à l'axe de la chaudière est de 50 mètres.

Pour mettre l'appareil en jeu, on commence par comprimer l'air dans la chaudière au moyen du réservoir *n*, afin de faire marcher une petite machine à colonne d'eau, construite comme une machine à vapeur à balancier. C'est cette machine qui sert à la manœuvre des soupapes *i* et *h*, tant au commencement que pendant la suite du travail.

Pour bien comprendre le jeu des appareils, supposons les tuyaux et les capacités *i*, *h*, *g'*, *d*, *b* jusqu'en *a* remplis d'air à la pression atmosphérique. La soupape d'admission *i* s'ouvre, l'eau se précipite par le tuyau *k* de *l* vers *g'*, en poussant cet air devant elle. Les clapets *f* se ferment, la soupape sphérique *e* s'ouvre, et l'air est chassé et comprimé dans la chaudière *a*.

A la fin de cette période, la soupape *i* se ferme, la soupape *h* s'ouvre et l'eau qui s'est élevée jusqu'en *f* s'échappe par *h* et *r* dans le réservoir *s*.

Pendant cette évacuation de l'eau qui a travaillé, la soupape *e* se ferme, et les clapets *f* s'ouvrent sous la pression atmosphérique pour admettre de l'air frais dans le tuyau *g'*. *i* s'ouvrant de nouveau et *h* se fermant, cet air frais est comprimé et poussé dans la chaudière.

Le travail mécanique ou la puissance vive que l'eau possède à chaque coup de la machine (1) comprime de plus en plus l'air introduit dans la chaudière *a*, et le chemin qu'elle parcourt diminue au fur et à mesure que le tension de l'air comprimé augmente.

Après un certain nombre de coups, l'air comprimé en *a* acquiert une tension telle qu'il faut, ou ouvrir le conduit de distribution *z*, ou arrêter la marche de la machine.

Dès qu'on utilise l'air comprimé, en continuant le jeu de l'appareil compresseur, il faut aussi faire fonctionner le régulateur ou bassin manométrique, en mettant en communication l'eau contenue en *a* avec le bassin *n*, par le conduit *p*.

On déduit facilement de ce qui précède que la pression de l'air dans la chaudière peut, à cause du mode d'action de l'eau (comme dans le belier hydraulique), dépasser la pression statique (2).

Il y a dans le même bâtiment dix appareils, semblables à celui que nous

---

(1) La quantité d'eau arrivant étant de 1^{m^3} par $1''$, on a pour la chute de 25^m, le travail

$$1000 \,.\, 25 = 25000^{km} = \frac{25000}{75} = 333^{ch}$$

réduisant l'effet utile à 50 %, il reste une force de 166 chevaux au moins.

(2) D'après le travail de M. le professeur REULEAUX (*Schweizerische polytechnische Zeitschrift*, p. 165, 1857), la tension maxima qu'on peut obtenir avec une colonne d'eau de 25^m est de 5,44 atmosphères.

venons de décrire, placés à côté les uns des autres, et d'où partent 10 conduits distributeurs z qui viennent aboutir dans le tunnel au front du travail.

Chacun de ces conduits en fonte se compose de tronçons de 2^m de long, de $0^m,20$ de diamètre et 10^{mm} d'épaisseur, assemblés au moyen de collets boulonnés. Les collets portent une rainure dans laquelle on introduit, avant le serrage, un cordon de caoutchouc pour rendre les joints bien étanches.

L'air comprimé, amené par ces conduits près du front de la galerie, passe dans les perforateurs par des tuyaux en caoutchouc garnis de ressorts, et fait marcher les fleurets ayant un tranchant de 5 centimètres. Les trous de mines étant forés, on fait sauter la poudre comme dans les mines ordinaires. L'air qui a travaillé sur les perforateurs conserve encore une certaine tension qu'on utilise pour l'aérage.

Les perforateurs ressemblent à des petites pompes à vapeur d'un usage aujourd'hui si général. Comme celles-ci, elles sont munies d'un tiroir, mais la différence consiste en ce que le fleuret, agissant par percussion, est soumis simultanément à un mouvement de va et vient et à un mouvement de rotation, qui sont complètement indépendants l'un de l'autre.

On ne travaille pas à coups de mine sur toute la section de la galerie, on fait seulement une petite galerie dite de direction dont la section rectangulaire a $2^m,4$ de côté ($5^{m^2},66$). Les perforateurs agissant simultanément au nombre de 8 à 10, sont portés par un chariot en fer forgé de $8^m,5$ de longueur, $2^m,1$ de hauteur et $1^m,5$ de largeur. Ce chariot repose sur deux paires de roues, dont les axes sont écartés de 4^m, et roule sur des rails ordinaires établis depuis l'entrée de la galerie jusqu'au chantier de travail. Pour le fixer sur les rails de manière à donner un point d'appui aux perforateurs, un fort frein en bois placé entre les roues vient, au moyen de manivelles, de vis et de leviers, presser contre la tête des rails.

Le corps du chariot est divisé en plusieurs étages parallèles et superposés, sur lesquels les perforateurs sont établis à diverses hauteurs, de manière à ce que les fleurets puissent attaquer la roche, non seulement dans la direction de l'axe du tunnel, mais encore dans une direction oblique.

Derrière ce premier chariot on en place un second, également fixé aux rails par un frein, et qui porte un réservoir d'eau de 4 mètres de longueur, d'une construction analogue à celle des chaudières à air comprimé. Cette eau, qu'une petite machine à air (du genre des pompes dites de *Carette*) lance dans les trous de mine, lave continuellement ceux-ci, et ce n'est qu'après leur achèvement qu'on les sèche avec de l'étoupe, pour y introduire aussitôt les cartouches.

Comme l'indique le tracé, pl. 26, l'entrée du tunnel en Savoie, placée à 300 mètres-au dessus du niveau de l'Arc, communique par un plan incliné de

service avec les ateliers établis au village de Fourneau; le chemin de fer, pour y arriver, doit tourner autour de Modane. On ne dispose pas ici, comme à Bardonnèche, d'une forte chute d'eau pour comprimer l'air atmosphérique. Les pompes à comprimer sont mises en mouvement par six roues à aubes, d'une force totale de 300 chevaux, établies sur un canal qui dérive l'eau de l'Arc. Le travail intérieur de la galerie se fait comme à Bardonnèche, mais on y rencontre une pierre plus dure et des venues d'eau beaucoup plus fortes.

FER GALVANISÉ POUR PLAQUES DE BLINDAGES.

Dans un mémoire lu à la Société littéraire et scientifique de Manchester, M. Crace Calvert, après avoir rappelé les recherches qu'il a faites sur la composition chimique des bois employés dans les constructions navales, fait connaître que dans une visite à l'arsenal de marine, il a constaté que les plaques de blindages, appliquées directement sur des bordages en bois de Teak, étaient maintenues par des boulons traversant les nervures qui étaient en chêne. Dans le but de remédier aux inconvénients qui devaient résulter de l'action du chêne sur le fer, il a proposé l'emploi de boulons en fer galvanisé, et il a entrepris à ce sujet une série d'expériences dont voici les résultats principaux.

Dans la première série d'expériences, on a enfoncé dans de fortes pièces en bois de chêne des boulons en fer non préparé et des boulons en fer galvanisé, puis on a immergé ces pièces dans de l'eau douce et dans de l'eau de mer, pendant trois mois. On a reconnu que le zinc du fer galvanisé n'avait pas été enlevé par le frottement; que dans les pièces portant des boulons galvanisés, ni le bois ni les boulons n'étaient altérés, tandis que les boulons non préparés étaient couverts de rouille, et le bois entièrement noirci par la formation de tannate et de gallate de peroxyde de fer.

Les eaux des bassins étaient changées toutes les semaines, celles des bassins dans lesquels se trouvait le fer galvanisé ne paraissaient aucunement altérées, tandis que les autres présentaient une teinte d'un bleu foncé résultant de la formation de gallate et de tannate ferriques.

La seconde série d'expériences se rapporte à la comparaison des actions de l'eau douce et de l'eau de mer sur le fer ordinaire et le fer galvanisé en contact avec le chêne.

Des plaques de fer galvanisé de 18 pouces de surface, après avoir été immergées pendant trois mois ont perdu le poids suivant :

	Eau douce.	Eau de mer.
	Grammes.	
Plaque nº 1.	0,006.	
— nº 2.	0,007.	
		Grammes.
— nº 3.		0,0061
— nº 4.		0,0058

De semblables plaques en fer non préparé et dans les mêmes circonstances :

	Eau douce.	Eau de mer.
	Grammes.	
Plaque nº 1.	0,0796.	
— nº 2.	0,0984	
		Grammes.
— nº 3		0,1354
— nº 4		0,1341

Il ne peut donc y avoir de doute sur les avantages que présente le fer galvanisé sur le fer ordinaire sous le rapport de l'action de l'eau ; en outre, le fer galvanisé étant dans la condition électrique la plus favorable pour résister à l'action de l'oxigène, son emploi pour les plaques de blindage et les bateaux en fer paraît également devoir être recommandé. Il est à espérer que les constructeurs de navire tiendront compte des expériences du chimiste anglais et les repéteront sur une plus large échelle.

(*Journal of Society of Arts*, nº 496. — 62).

NOTICE SUR LES FABRIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES DU LANCASHIRE MÉRIDIONAL.

Acide sulfurique. — Les applications nombreuses de cet acide dans l'industrie font de sa production économique une question de la plus haute importance.

C'est dans ce but qu'on a substitué l'emploi de pyrites au soufre pour sa fabrication sur une grande échelle. Dans le grillage de pyrites, on perdait huit à dix parties de soufre qui restaient unies au métal, mais M. Spence, de Manchester, a réduit cette perte à deux pour cent. L'introduction des pyrites d'Espagne et du Portugal a donné naissance à une nouvelle branche d'industrie par l'extraction de la petite quantité de cuivre contenue dans ces minerais. Dans le procédé de Hill pour purifier le gaz d'éclairage, on emploie

l'oxyde ferrique hydraté au lieu de chaux. Quand cet oxyde ne peut plus servir à la purification, on trouve qu'il contient du soufre, dont M. Spence s'est servi pour la fabrication de l'acide sulfureux, et d'une tonne de cette matière, il a obtenu 1 3/4 tonne d'acide sulfurique hydraté. Le four à soufre de M. Harrison Blair présente une amélioration d'une importance toute spéciale au point de vue de l'économie d'espace qu'il permet de réaliser dans les chambres, en empêchant l'acide sulfureux de se diluer dans une trop grande quantité d'air, comme c'est le cas dans les fours ordinaires. Dans ce district, on s'est surtout appliqué à augmenter les dimensions des chambres d'acide sulfurique, les plus grandes ayant 112,000 pieds cubes, soit 34.121 mètres cubes. Plusieurs fabricants emploient le procédé de Gay-Lussac pour économiser l'acide nitrique, et qui réduit de plus de 50 pour cent la dépense de nitrate de soude; mais le bas prix auquel on peut se procurer ce nitrate, 300 fr. par tonne, fait que cette économie ne couvre guère les frais qu'occasionne ce procédé pour réunir et absorber les restes d'acide hypo-azotique.

L'usage de vases de platine pour la concentration de l'acide sulfurique est presque entièrement abandonné maintenant; ils ont été remplacés par des cornues en verre de grandeur et de qualité supérieures à celles dont on se servait précédemment. La production hebdomadaire d'acide sulfurique d'une pesanteur spécifique de 1,85 est de 700 tonnes, en dehors de ce qui est employé dans la fabrication du sel de soude.

Soude. — C'est encore là une fabrication importante, mais elle n'a guère été modifiée dans son principe pendant les dix dernières années et les points essentiels de la méthode primitive de Leblanc, 1798, sont encore généralement suivis. La production de cet article s'est considérablement accrue depuis 1851; elle a atteint en Angleterre une valeur annuelle de 50,000,000 fr., la moitié dans le Lancashire méridional et l'autre dans le district de Newcastle. La statistique suivante s'applique au commerce hebdomadaire d'alcali, du Lancashire méridional, pendant l'année 1861. — *Chlorure sodique* décomposé par semaine, 2600 tonnes; *acide sulfurique* employé, 3110 tonnes; *acide chlorhydrique* produit, 3400 tonnes; *sel de soude* vendu par semaine, 1800 tonnes; *sulfate de soude* idem, 180 tonnes; *cristaux de soude* idem, 170 tonnes; *bi-carbonate de soude* idem, 225 tonnes; *soude caustique* id., 90 tonnes. — Le commerce d'alcali du Lancashire méridional a plus que triplé depuis 1852. La grande quantité produite actuellement est fabriquée dans environ 25 usines, situées la plupart à St-Helens, Runcorn-Gap, Widnes-Dock, près de Warrington, dans le voisinage de Bolton, et à Newton-Heath. Aucune des patentes pour perfectionnement dans la fabrication de l'alcali n'a changé, quant au fond, les procédés suivis. Mais des amélio-

rations de détail ont été introduites depuis 1851. Elles comprennent : 1° l'attention plus grande qu'on accorde à l'économie du travail dans toutes les branches de cette industrie; 2° le lessivage plus complet de la soude brute obtenu par la disposition de M. Schanks; 3° dans quelques fabriques, la soude brute est faite par le travail de machines; 4° dans d'autres, elle est emballée mécaniquement dans des barils.

Depuis 1851, une nouvelle branche d'industrie a été introduite par la préparation de la soude caustique solide qui est exportée en grande quantité en Amérique et en d'autres pays par Evans et M'Bryde, et Roberts, Dale et Cᵉ.

L'idée récemment émise par M. Kuhlman, d'employer les mares de soude en guise de ciment, avait déjà été mise en pratique par M. Deacon pour la confection des pavements il y a douze ans. Enfin, il faut mentionner les additions importantes faites par M. Gossage à la théorie de la fabrication de la soude.

Poudre de blanchtment. — On fabrique environ 155 tonnes de cette poudre dans le district du Lancashire. Le seul point remarquable que présente cette fabrication, consiste dans un procédé ingénieux pour préparer du chlore, sans faire usage du suroxyde manganique, breveté en 1858 en faveur de M. Schanks de St Hélens, et dans la régénération de cette matière au moyen des résidus de la fabrication du chlore.

Chlorate potassique. — La production par semaine s'élève à environ 4 à 5 tonnes qu'on emploie à la fabrication des allumettes chimiques.

Hyposulfite de soude. — On en fait trois tonnes par semaine, et les fabricants de papier, les photographes et les blanchisseurs s'en servent comme d'antichlore.

Silicate sodique. — Ce composé sert à remplacer la bousse de vache dans l'impression du calico, et les résinates dont on faisait usage précédemment dans la fabrication du savon. Sa production s'éléve à environ 10 tonnes par semaine.

Arséniate sodique. — Ce sel remplace également la bousse de vache dans l'impression du calico; sous ce rapport il est préférable au silicate sodique, parce qu'il n'attaque pas autant les mordants d'alumine. On en fabrique environ 10 à 12 tonnes par semaine.

Bichromate potassique. — La fabrication de ce sel ne présente rien de nouveau, et s'élève à environ 14 tonnes par semaine.

Prussiate de potasse. — Ce district produit environ 4 à 5 tonnes de prussiate jaune et 1 tonne de prussiate rouge, par semaine.

Perphosphate de chaux. — La production de ce sel s'élève à 5600 tonnes par semaine.

Alun. — Avant 1845 la petite quantité d'alun fabriquée était extraite de

la terre à pipe, le complément livré en plus grande quantité à la consommation provenait de Whitly. Par l'ancien procédé 60 tonnes de schiste oolithique de Yorkshire fournissaient 1 tonne d'alun de potasse et 1 tonne de sel d'Angleterre. Le procédé de M. Spence permet d'obtenir 65 tonnes d'alun ammoniacal de 50 tonnes de schiste. M. Spence fait usage du schiste qu'on trouve dans ce district sous les couche de houille. En 1850-51 il fabriquait hebdomadairement 20 tonnes de ce produit, actuellement cette quantité s'est élevée à 110 tonnes, c'est-à-dire à la moitié environ de la production totale de l'Angleterre.

Sulfate ferreux. — Ce sel, fabriqué en grande quantité dans ce district, est surtout employé par les teinturiers: sa production s'élève à 80 tonnes par semaine.

Acide pyroligneux. — La seule amélioration qu'ait subie la fabrication de cet acide depuis quelques années consiste dans la substitution de la sciure au bois dans le procédé de distillation destructive. On fabrique hebdomadairement à Manchester 12,000 gallons de cet acide, soit 53,520 litres, contenant environ 4 pour cent d'*acide glacial*. La valeur de cet acide est de 75 fr. par tonne, tandis que celle du goudron est de 100 fr. à fr. 112,50.

Composés d'étain. — *Chlorures d'étain.* — La quantité de ces composés (estimés comme protochlorure d'étain cristallisé) fabriquée dans ce district, s'élève à environ 16 tonnes et demie par semaine.

Stanate de soude. — Ce composé a été pendant quelque temps assez généralement employé pour la préparation des calicos destinés à l'impression des couleurs dites à la vapeur.

Sulfate de baryte. — La fabrication, par précipitation, de ce sel communément vendu sous le nom de blanc fixe, s'élève à environ deux tonnes par semaine dans ce district.

Acide nitrique. — On emploie hebdomadairement dans ce district 48 tonnes de nitrate de soude pour la fabrication de cet acide; le poids de l'acide obtenu correspond à celui du sel employé. On se sert de l'acide nitrique pour fabriquer les nitrates de cuivre, de plomb, d'alumine et de fer, pour oxyder l'étain, pour la gravure à l'eau forte et, dans ce dernier temps, pour faire de l'aniline.

Acide oxalique. — L'un des nouveaux procédés qui présente le plus d'importance et d'intérêt pour la fabrication de cet acide est celui inventé par MM. Roberts, Dale et Ce et breveté en faveur de ces industriels, à qui on est redevable de plusieurs procédés pratiques, très-ingénieux et très-utiles. La quantité fabriquée hebdomadairement par MM. Roberts, Dale et Ce s'élève à 9 tonnes et peut être augmentée au-delà de 15 tonnes. Pour donner une idée de l'effet que l'introduction de ce procédé a eu sur le marché,

il suffit de mentionner que le prix de la livre, soit $0^k,453$, qui, en 1851, coûtait fr. 1-50 à 1-60, est ramenée maintenant à fr. 0-80 à 0-90. L'acide oxalique est d'un usage très-répandu dans l'impression des calicos et des laines, dans la teinture des laines et des soies par des couleurs extraites du bois, dans le blanchissage de la paille et dans la fabrication du binoxalate de potasse, dit sel de citron.

Amidon et gommes artificielles. — Ce district produit par semaine environ 20 tonnes d'amidon et 34 tonnes de produits gommeux qu'on obtient en grillant de la farine et d'autres espèces d'amidon.

Purification de la résine. — Plusieurs procédés très-intéressants et très-heureux de purification de la résine ont été dernièrement brevetés en faveur de MM. Hunt et Pochin de Salford. Le but de ces messieurs qui se sont occupés de ce sujet depuis longtemps et avec beaucoup de zèle, est de produire une résine brillante, presque incolore, solide et fragile, au moyen de la matière impure et de couleur foncée, qu'on trouve dans le commerce. Environ 60 tonnes de cette résine clarifiée sont maintenant fabriquées par semaine dans ce district, conformément à ce brevet.

Matières colorantes organiques. — Il y a peu de substances plus importantes pour les fabricants de ce district que celles employées pour teindre les divers produits qu'on y fabrique, et surtout le coton. La plupart de ces substances proviennent du règne animal ou du règne végétal.

En effet, à l'exception de l'oxyde de fer et du chromate de plomb, peu de matières minérales sont actuellement employées sans mélange pour la teinture ou l'impression des étoffes. La force, la beauté et la variété des couleurs, composées en tout ou en partie de matières organiques, leur fait donner la préférence, et une habileté plus grande et une connaissance plus profonde des principes scientifiques, de la part des teinturiers et des imprimeurs d'étoffes, les ont fait employer sur une plus grande échelle.

On peut se former une idée de l'importance des intérêts dépendant de l'emploi de ces matières, en considérant que la quantité de bois de teinture (bois de Campêche, bois rouge, bois de safran, sandal, fustet, écorce de quercitron), consommée par semaine par les teinturiers de ce district est de 300 à 400 tonnes ; que les imprimeurs de coton en consomment environ 60 tonnes par semaine ; que 150 à 200 tonnes sont converties en extraits pendant le même temps ; que 150 tonnes de garance sont consommées par semaine, en dehors de ce qui sert à faire de la garancine, etc. A l'exception d'un nouveau procédé employé pour réduire l'indigo au moyen de métaux finement divisés, et breveté en faveur de Léonhard, nous ne connaissons pas d'améliorations importantes introduites dans cette teinture.

La garance joue un rôle moins important dans la teinture, bien qu'elle

soit employée à former les couleurs rouge pourpre et noire les plus durables. Des nombreux perfectionnements proposés pour les procédés de teinture, il en est peu qui aient une valeur réellement pratique. Ces procédés peuvent se diviser en deux classes : ceux ayant pour but d'utiliser la plus grande quantité possible de matière colorante et ceux tendant à produire des couleurs plus durables ou plus belles. Le premier but semble atteint en convertissant la garance en garancine par l'action d'un acide et ce moyen se généralise de plus en plus.

Couleurs d'aniline. — Les matières colorantes artificielles provenant de l'aniline et d'autres bases ont beaucoup attiré l'attention dans ces derniers temps, et l'on a proposé diverses manières de les produire. Le procédé ordinaire pour obtenir le pourpre d'aniline, appelé mauve, consiste à soumettre une solution aqueuse de sels d'aniline à l'action d'agents oxidants tels que les chromates, les permanganates ou les peroxides de manganèse et de plomb.

Désinfectants. — La fabrication des désinfectants est maintenant régulière et constante, et grâce aux recherches faites par M M'Dougall, leur emploi a beaucoup augmenté. M. M'Dougall fabrique, près de Oldham, une poudre désinfectante, dans laquelle on utilise les propriétés de l'acide carbonique et de l'acide sulfureux. Elle sert à empêcher la décomposition qui se produit dans les écuries, les étables, dans les accumulations de matière putrescible et généralement la décomposition des fumiers. On prépare aussi un liquide avec l'acide carbonique et l'eau de chaux qui sert à empêcher la décomposition qui s'effectue dans les égoûts. On peut ainsi désinfecter des villes entières, en empêchant la production des gaz dans les eaux des égoûts ou dans les amas d'excréments animaux.

On se sert encore de ce liquide pour empêcher la décomposition des matières animales dont on ne peut pas faire un usage immédiat, surtout lorsqu'il s'agit de viande apportée au marché ou d'animaux morts dans les champs. La solution de cette poudre a aussi été employée dans des cabinets ou salles de dissection, où elle détruit immédiatement toute odeur nuisible ou désagréable, et débarrasse les doigts des opérateurs de l'odeur nauséabonde qui s'y attache si souvent. On l'a aussi appliquée utilement au traitement des plaies et de la dyssenterie. M. M'Dougall a employé l'acide carbolique pour la destruction des insectes parasites des brebis et dans beaucoup de districts il a remplacé les préparations d'arsenic par cet acide mélangé à des substances grasses. Les brebis qui y ont été plongées ne sont pas sujettes à être attaquées par la tique, même lorsqu'on les laisse pendant plusieurs mois parmi des animaux qui en sont infestés. C'est encore un remède efficace contre la carie et plusieurs autres maladies de la race ovine.

CONDENSATION PAR SURFACE.

L'attention des constructeurs étant dirigée vers les moyens de condensation par surface, les observations ci-après sur la surface tubulaire maxima qu'on peut obtenir dans un espace donné, nous paraissent présenter quelqu'intérêt. Appelons

x le diamètre des tubes, diamètre extérieur pour la surface extérieure, diamètre intérieur pour la surface intérieure.

a la distance entre deux tubes : pour la surface extérieure, cette distance est mesurée de l'extérieur à l'extérieur; pour la surface intérieure elle se mesure de l'intérieur à l'intérieur.

$$r = \frac{x}{a}, \; x = ra.$$

Dans un espace donné, le nombre des tubes sera proportionnel à $\frac{1}{(a+x)^2}$, et la surface tubulaire à $\frac{x}{(a+x)^2}$.

Cette surface tubulaire sera donc un maximum lorsque $\frac{x}{(a+x)^2}$ sera un maximum ou lorsque le premier coefficient différentiel de cette quantité sera zéro. Si nous admettons a constant, et x variable, le premier coefficient différentiel de $\frac{x}{(x+a)^2}$ sera $\frac{a-x}{(x+a)^3} = o$,

$$a - x = o$$

$$a = x.$$

La plus grande surface possible est donc obtenue lorsque le diamètre du tube est égal à la distance entre les tubes.

Exemples. Si l'intervalle entre les tubes est $= \frac{5}{8}$ de pouce, et l'épaisseur des tubes $= \frac{1}{16}$, la surface extérieure maxima sera obtenue avec des tubes dont le diamètre extérieur $= \frac{5}{8}$ de pouce et la surface maxima intérieure avec des tubes de $\frac{7}{8}$ de diamètre extérieur.

Le maximum de surface tubulaire sera un multiple de $\frac{a}{4a^2}$ et la surface tubulaire ayant un diamètre quelconque de tubes, sera le même multiple

de $\frac{ra}{(a+ra)^{2}}$. Donc $\frac{ra}{(a+ra)^{2}} : \frac{a}{4a^{2}}$ exprimera le rapport entre la surface tubulaire actuelle et la valeur maxima. La réduction de ce quotient donne $\frac{4r}{(1+r)^{2}}$, et l'on trouvera le rapport entre la surface tubulaire actuelle et son maximum par la règle suivante : divisez le diamètre du tube par la distance entre deux tubes, multipliez ce quotient par 4 et divisez ce produit par le carré du binome qu'on obtient en ajoutant 1 à ce quotient.

La distance entre les tubes doit être mesurée d'après la définition de a.

Exemple : On donne l'intervalle entre deux tubes $= \frac{1}{2}$ pouce, le diamètre extérieur des tubes $= \frac{7}{8}$, et l'épaisseur du tube $= \frac{1}{16}$, quel rapport obtient-on pour le maximum de surface intérieure.

$$r = \frac{6}{5}$$

$$\frac{4 \times \frac{6}{5}}{\left(1+\frac{6}{5}\right)^{2}} = \frac{24 \times 5}{11^{2}} = \frac{120}{121} = \text{le rapport cherché};$$ ce rapport montre que si le maximum de surface est obtenu avec des tubes de $\frac{3}{4}$ de pouce de diamètre extérieur, des tubes dont le diamètre serait de $\frac{1}{8}$ de pouce plus grand ne feraient pas perdre 1 °/₀ de sa surface.

Voyons où l'on arriverait avec des tubes de 1 pouce de diamètre extérieur, en conservant les autres dimensions ci-dessus :

$$r = \frac{7}{6}, \quad \frac{4 \times \frac{7}{5}}{\left(1+\frac{7}{8}\right)^{2}} = \frac{28 \times 5}{12^{2}} = \frac{140}{144} = 0,9722.$$

Avec des tubes de 1 pouce de diamètre extérieur et un intervalle de 1/2 pouce, nous obtenons 2 3/4 °/₀ moins de surface intérieure, dans le même espace, comparativement à ce que donnent des tubes de 3/4 de pouce de diamètre extérieur, mais avec des tubes plus étroits les joints augmenteront de 33 °/₀.

BIBLIOGRAPHIE.

MÉTALLURGIE DU ZINC. — NOUVELLE MÉTHODE DE TRAITEMENT DIRECT DES MINERAIS DE ZINC,

PAR ADRIEN MULLER,

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE CENTRALE.

M. Adrien Muller s'occupe depuis quelque temps déjà et avec une persévérance de bon augure, d'un problème métallurgique qui, à plusieurs reprises, a fait l'objet des études d'hommes spéciaux; nous voulons parler de la réduction des minerais de zinc dans les fourneaux à cuve. M. Adolphe Lesoinne, le regretté professeur de métallurgie à l'École des mines de Liége, est le premier métallurgiste qui fit œuvre de cette idée et qui chercha le passage par où cette vue théorique pouvait être introduite dans le travail industriel. Des essais dans cette même voie ont été tentés en Silésie; maintes difficultés pratiques se sont présentées, tant au point de vue de la consommation trop grande du combustible, que de l'écart et de la qualité des produits.

M. Muller étudie assidûment cette question. Il annonce dans la brochure qu'il vient de publier, que les résultats obtenus par les expériences qu'il a poursuivies à l'usine à zinc de Bergish-Gladbach ne laissent aucun doute non-seulement sur la possibilité du traitement des minerais de zinc dans un four à cuve, à travail continu, mais encore sur l'application industrielle de ce procédé. Nous verrons avec beaucoup de satisfaction la publication des détails de ces expériences, dont l'examen pourra servir de base à l'appréciation des hommes du métier.

Le brochure de M. Muller s'occupe de points théoriques. La question industrielle ne peut manquer d'avoir prochainement son tour. La consommation du combustible et le rendement du minerai sont les bases du prix de revient, les éléments essentiels du travail d'usine, et l'on ne peut manquer de suivre avec un vif intérêt les renseignements de cet ordre que les travaux de M. Muller doivent déjà lui avoir fourni et qu'il ne tardera pas, nous l'espérons, à mettre sous les yeux du public. A. G.

TABLE DES MATIÈRES.

TOME ONZIÈME.

MINES.

MÉTALLURGIE.

TRAVAUX PUBLICS. — CHEMIN DE FER. — CONSTRUCTIONS.

ARTS CHIMIQUES ET PHYSIQUE INDUSTRIELLE.

ARTS MÉCANIQUES.

MINÉRALOGIE.

REVUE ÉCONOMIQUE, ADMINISTRATIVE ET JURIDIQUE DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE FRANÇAISE,

PAR L. SIMONIN, INGÉNIEUR CIVIL DES MINES.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES DE FRANCE ET DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE.

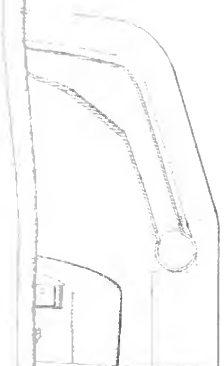
PAR M. ANDRÉ BOUCARD, INGÉNIEUR CIVIL.

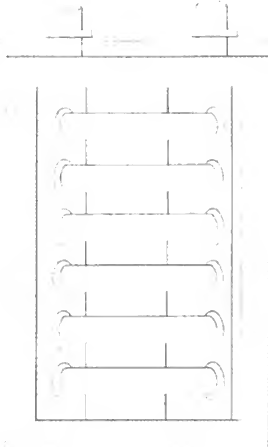
REVUE SEMESTRIELLE DES TRAVAUX D'EXPLOITATION DES MINES, DE MÉTALLURGIE ET DE CONSTRUCTION.

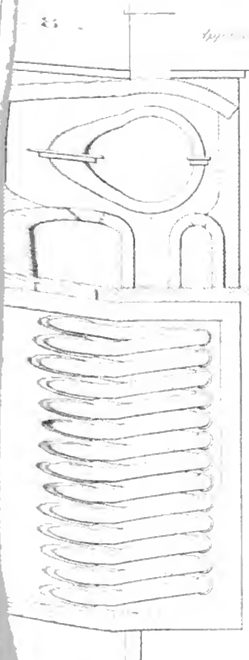
BULLETIN.

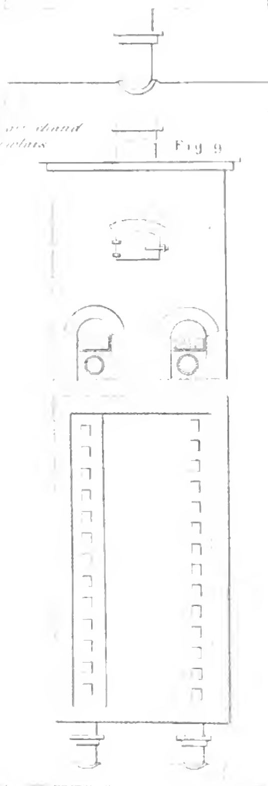
BIBLIOGRAPHIE.

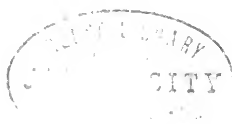
LIÉGE. — IMPRIMERIE DE J. DESOER.

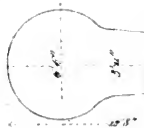

Appareil à air chaud
d'Aberdare


Fig 7


8


Fig 9









Éditeur

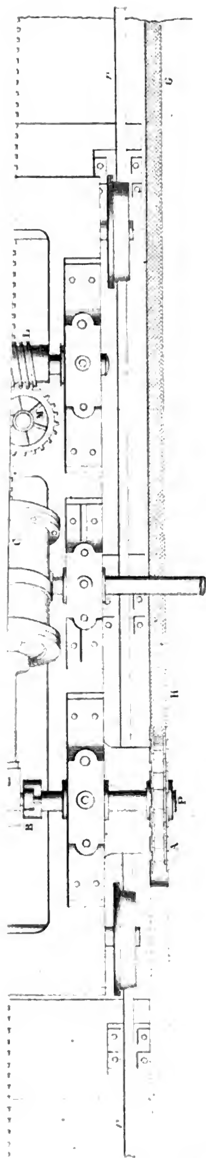
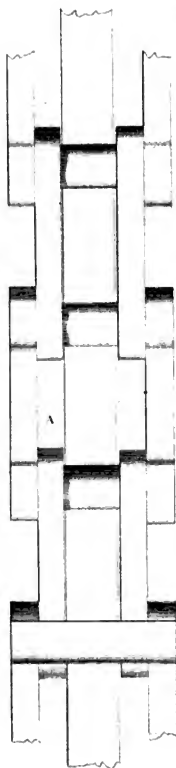
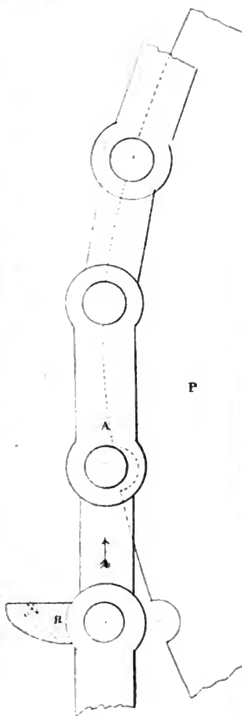


Fig. 3.

Détails



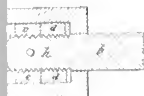


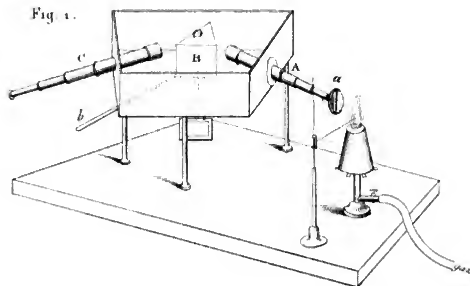
Établ.t et impr.ie de E. Veblar, Éditeur.

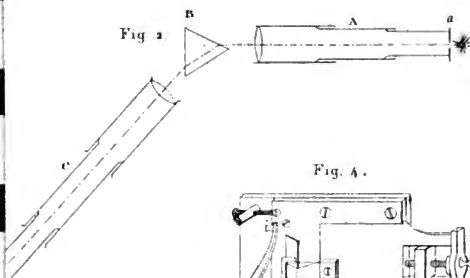
ILLE. (MEURTHE.)

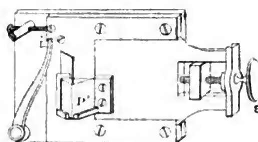
ffel
le (Meurthe)

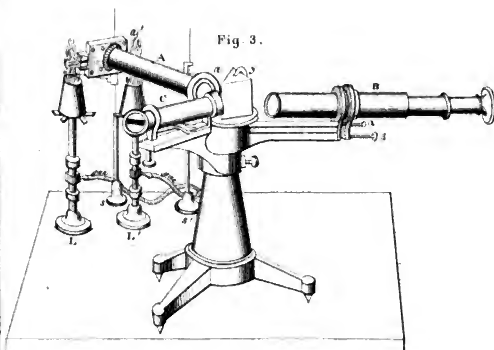
a pièce T, fig. 1.
chelle




Fig. 1.
C
B
A
a
b
gaz


Fig. 2
B
A
a
C

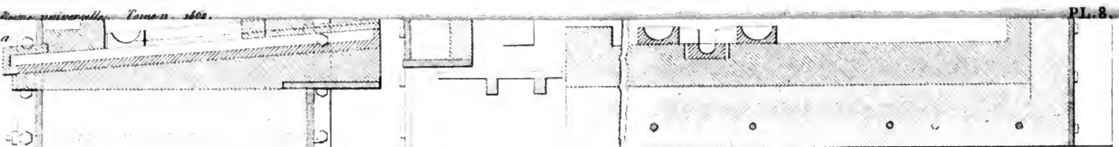

Fig. 4.
P'
ε

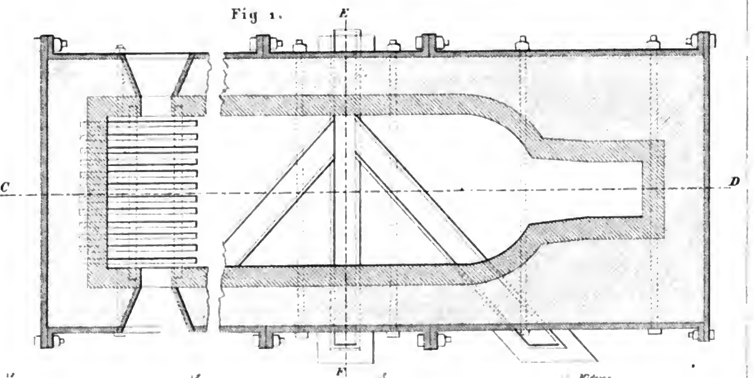

Fig. 3.
a'
A
a
C
B
L
L'

par M.









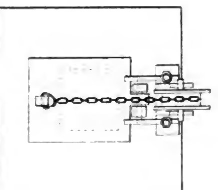
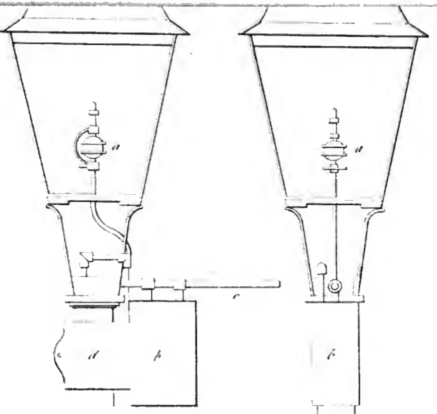
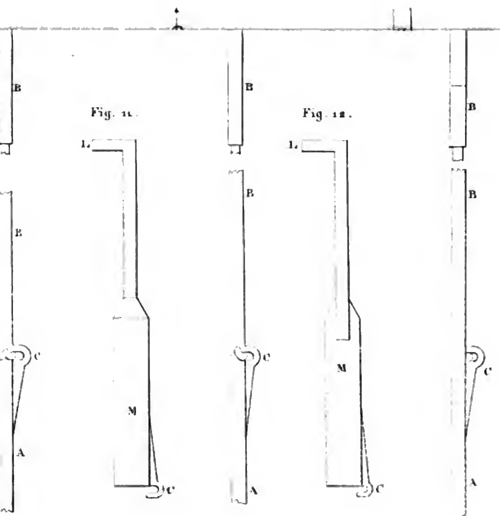


Fig. 4.


a
a
c
d


B
B
C
A
Fig. 11.
L
M
C
B
B
C
A
Fig. 12.
L
M
C
B
B
C
A

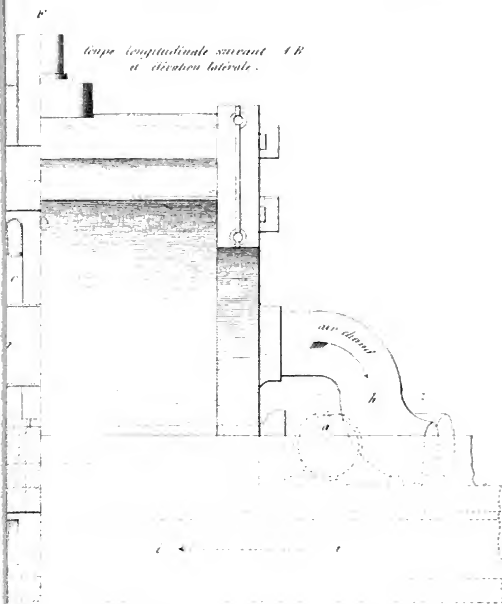

Coupe longitudinale suivant A B
et élévation latérale.
air chaud

Fig. 4.

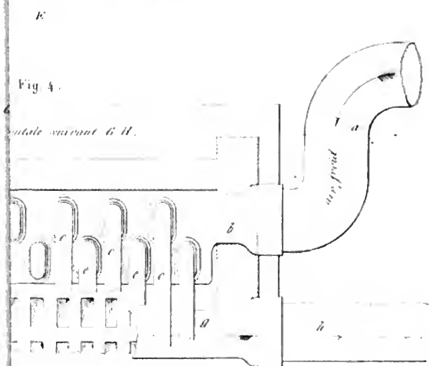
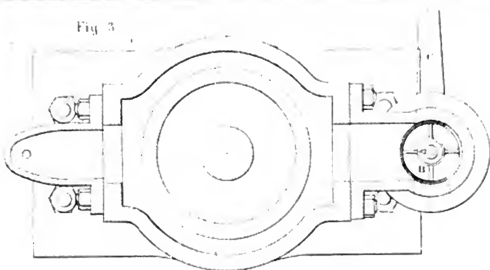

...ntale suivant G H.
air froid
15 Pieds

Fig. 3.



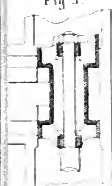


Fig. 11.

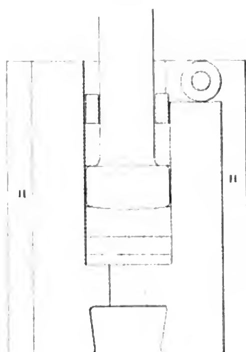


Fig. 8.

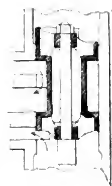


Fig. 5.

Fig. 9.

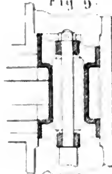


Fig. 6.

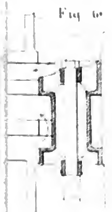


Fig. 12.

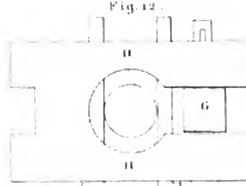


Fig. 10.

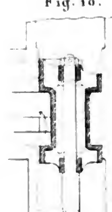


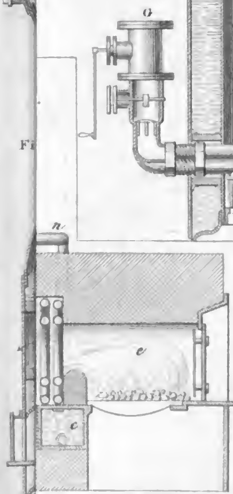


Fig. 1.

Fig. 2

Fig. 2

R. R C H K K P P A D O E F M N N



Chaudière de Matheson.

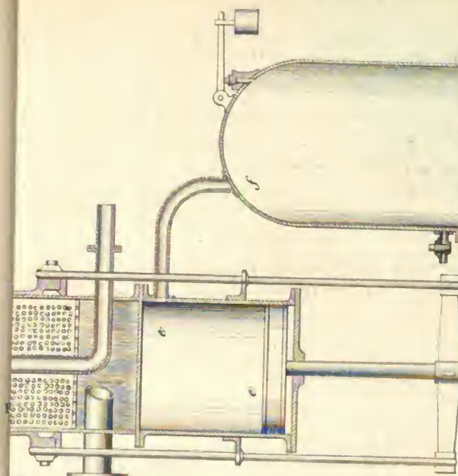


Fig. 3.

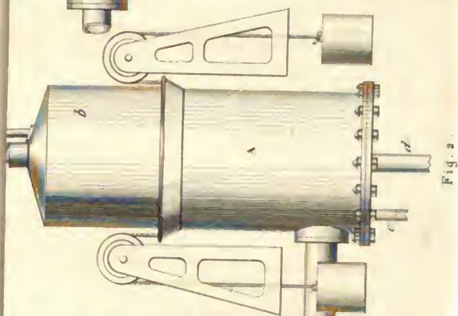


Fig. 2.

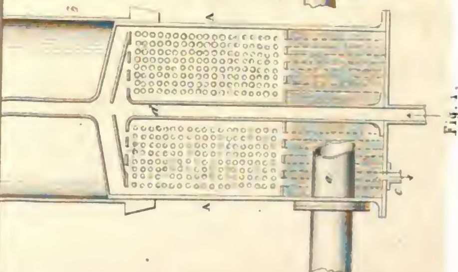
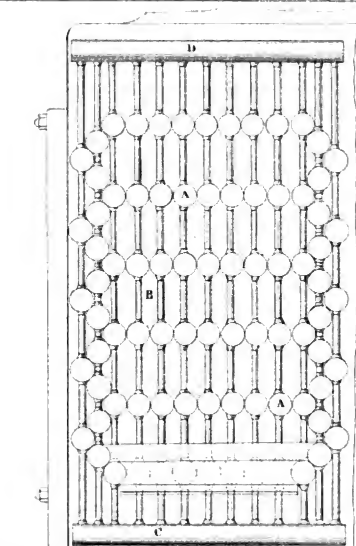
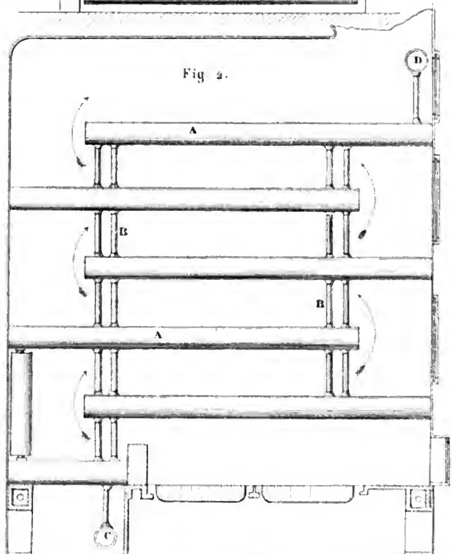


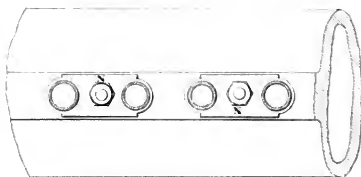
Fig. 1.


D
Fig. 1.
A
B
A
C


Fig. 2.
D
A
B
B
A
C

g. 3.

Fig. 6



C

C

Fig. 7.

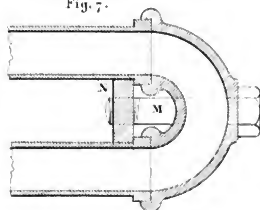
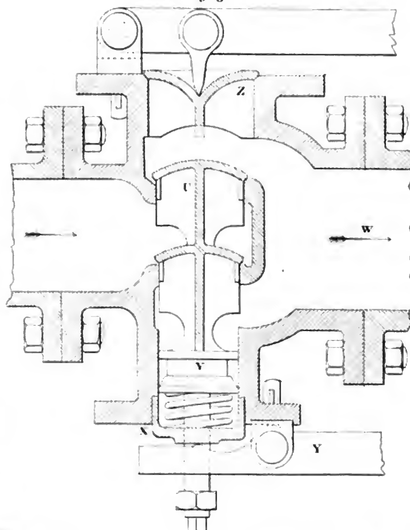
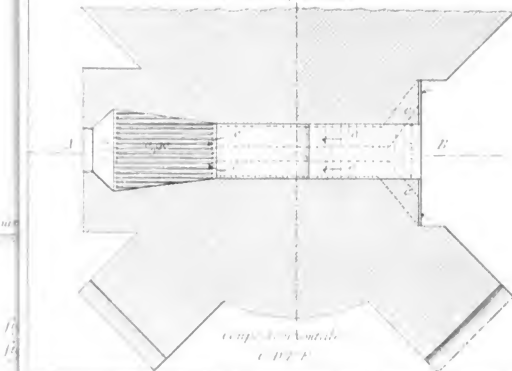


Fig. 9.





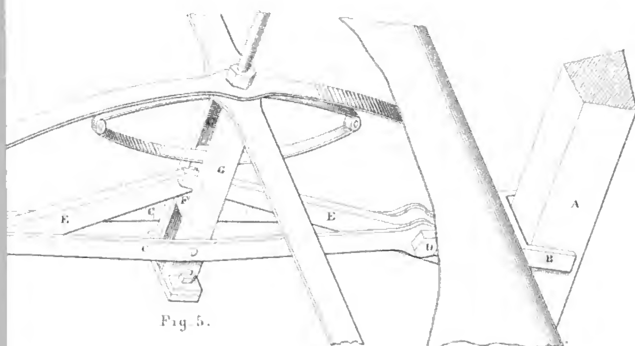


Fig. 5.

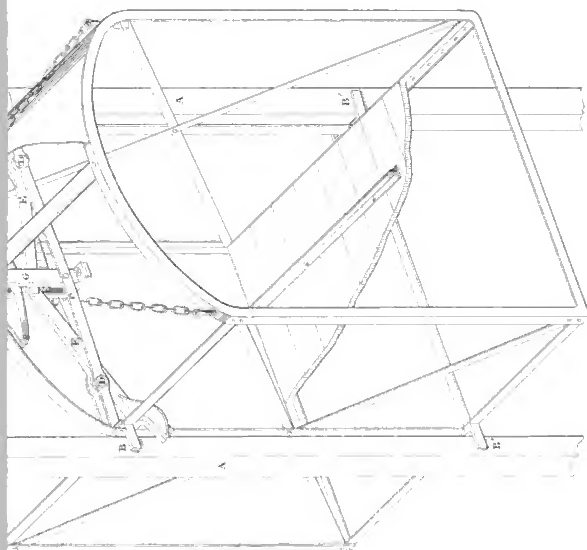
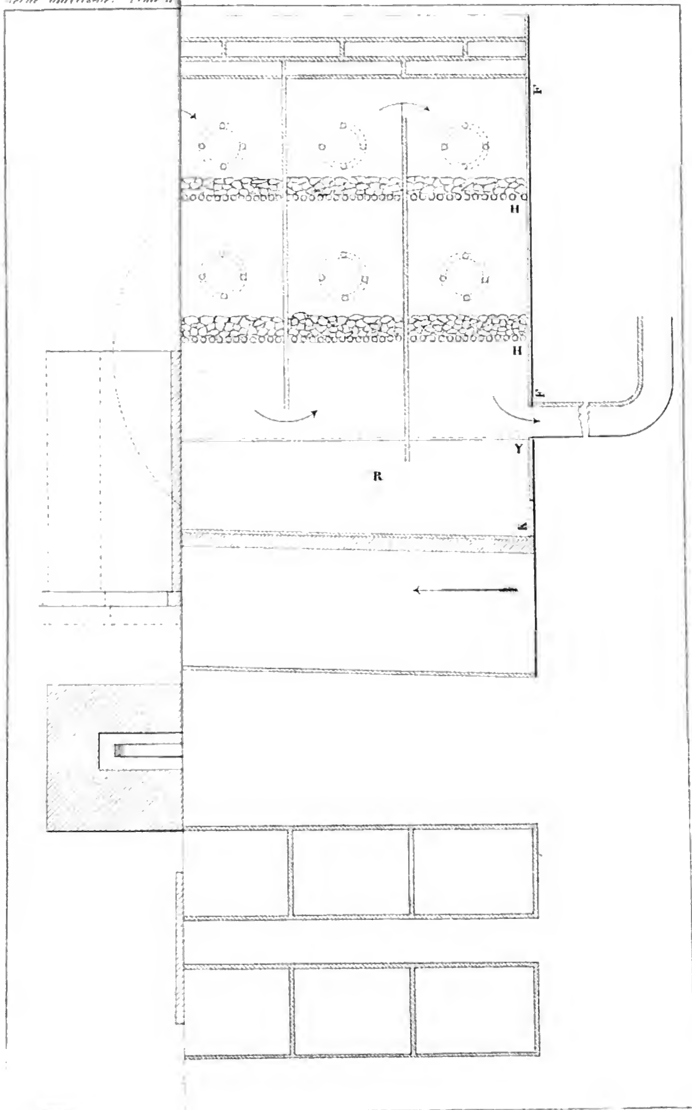
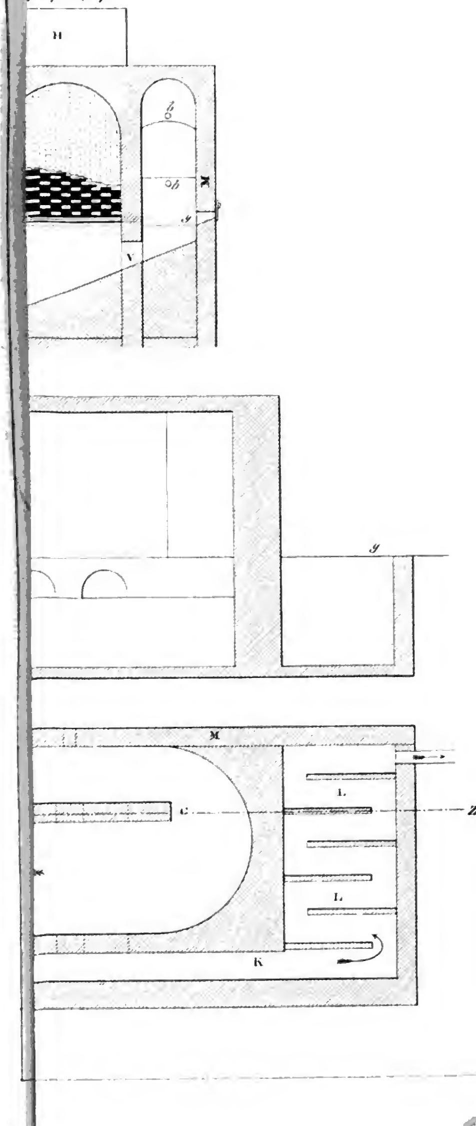


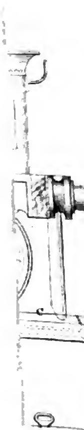
Fig. 6.

les Fig. 1, 2, 3, 4, 6 et de 1/5 pour la Fig. 5.


F
H
H
F
Y
R
k

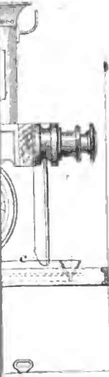

pe par p q.
H
b
b
K
g
V
g
M
L
C
Z
L
K

des locomot

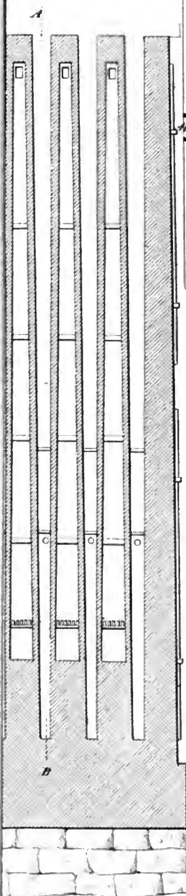


des locomotives



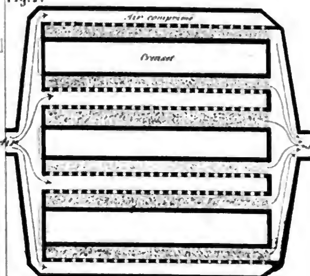


cornues en briques
Mr Fenschard.
ticale suivant C D.

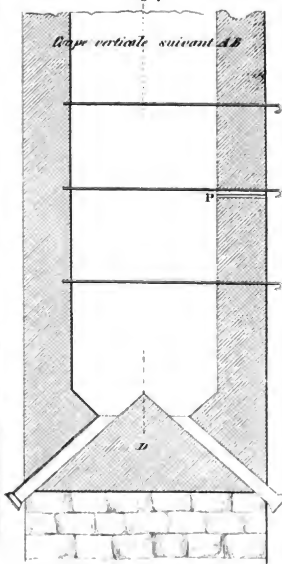


Cornues entourées de combustible
brulant par la disposition Mitcherlich.

Fig. 2.

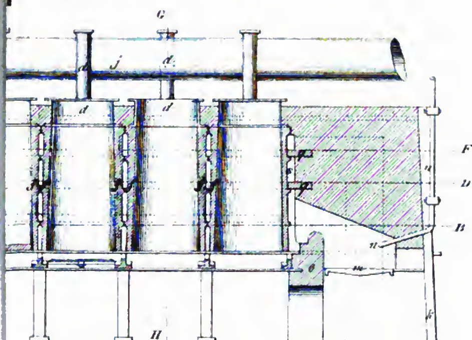


C
Fig. 7.



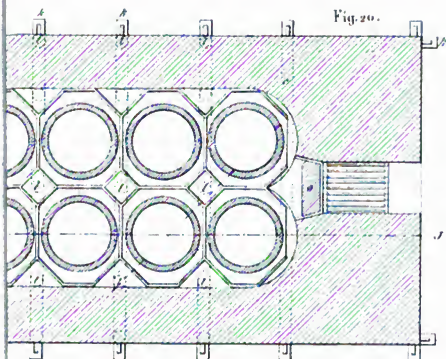
Echelle $\frac{1}{50}$

Fig. 16.



Coupe suivant I.J.

Fig. 20.

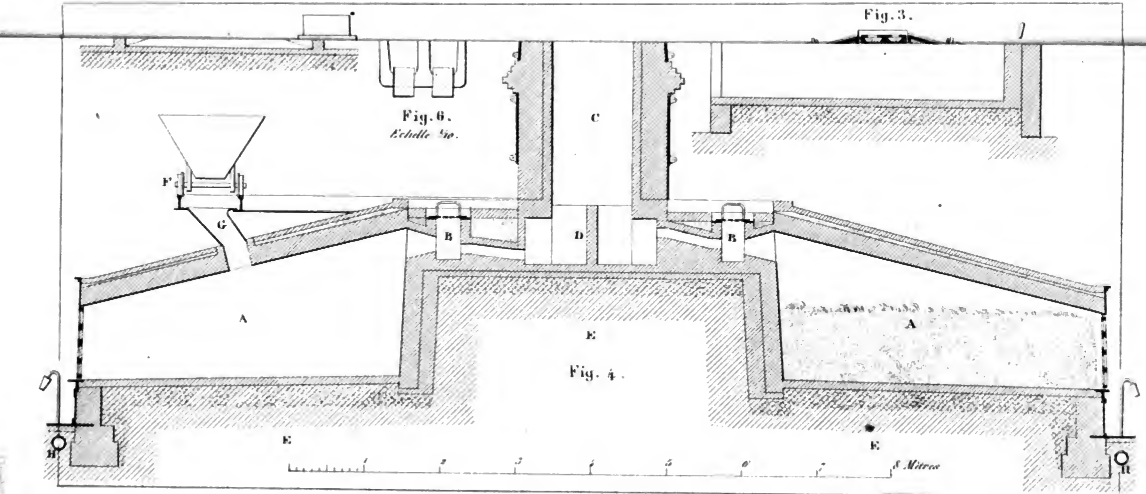


ig. 27

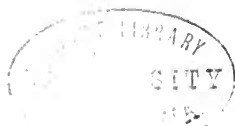
28.

Échelle au vers...

...Mètres



Établ.t et imp.rie de E. Noblet, Éditeur.





Machine à comprimer l'air pour faire marcher les perforateurs.

Fig. 3.

Profil longitudinal du tunnel Fig. 1.

voie

Italie

Entrée du Nord

Pente de 22 pour mille

Sommet de la Chaîne

Entrée du Sud

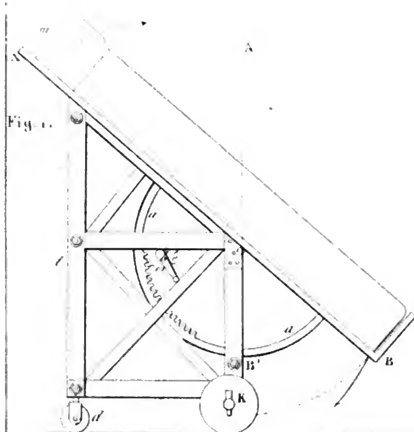
Fig. 2.

Plan des rails

Coupe transversale

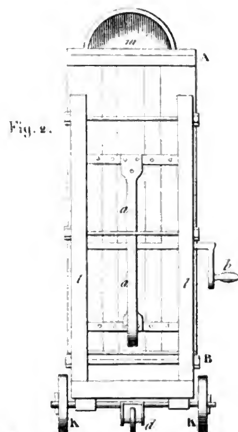
Enfournement des cornues en terre réfractaire à l'usine de St Ghislain.

Fig. 1.



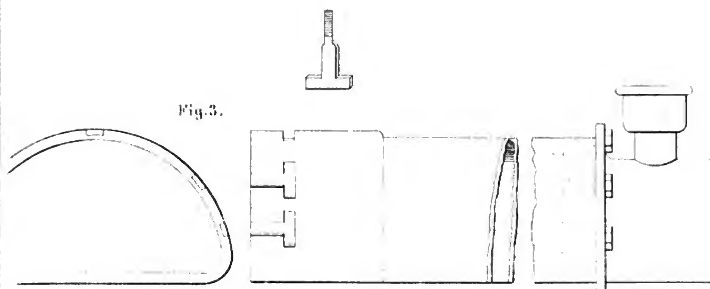
Élévation latérale

Fig. 2.



Vue de face.

Fig. 3.



Mode d'assemblage de la tête en fonte des cornues.

Grav. et impr. de E. Noblet, Éditeur





